

GIORGIO VERDIANI

Retroprogettazione

*Metodologie ed esperienze
di ricostruzione 3D digitale
per il Patrimonio Costruito*

R





La serie di pubblicazioni scientifiche **Ricerche | architettura, design, territorio** ha l'obiettivo di diffondere i risultati delle ricerche e dei progetti realizzati dal Dipartimento di Architettura DIDA dell'Università degli Studi di Firenze in ambito nazionale e internazionale.

Ogni volume è soggetto ad una procedura di accettazione e valutazione qualitativa basata sul giudizio tra pari affidata al Comitato Scientifico Editoriale del Dipartimento di Architettura. Tutte le pubblicazioni sono inoltre *open access* sul Web, per favorire non solo la diffusione ma anche una valutazione aperta a tutta la comunità scientifica internazionale.

Il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze promuove e sostiene questa collana per offrire un contributo alla ricerca internazionale sul progetto sia sul piano teorico-critico che operativo.

The Research | architecture, design, and territory series of scientific publications has the purpose of disseminating the results of national and international research and project carried out by the Department of Architecture of the University of Florence (DIDA).

The volumes are subject to a qualitative process of acceptance and evaluation based on peer review, which is entrusted to the Scientific Publications Committee of the Department of Architecture (DIDA). Furthermore, all publications are available on an open-access basis on the Internet, which not only favors their diffusion, but also fosters an effective evaluation from the entire international scientific community.

The Department of Architecture of the University of Florence promotes and supports this series in order to offer a useful contribution to international research on architectural design, both at the theoretico-critical and operative levels.



Coordinatore | *Scientific coordinator*

Saverio Mecca | Università degli Studi di Firenze, Italy

Comitato scientifico | *Editorial board*

Elisabetta Benelli | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Marta Berni** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Stefano Bertocci** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Antonio Borri** | Università di Perugia, Italy; **Molly Bourne** | Syracuse University, USA; **Andrea Campioli** | Politecnico di Milano, Italy; **Miquel Casals Casanova** | Universitat Politècnica de Catalunya, Spain; **Marguerite Crawford** | University of California at Berkeley, USA; **Rosa De Marco** | ENSA Paris-La Villette, France; **Fabrizio Gai** | Istituto Universitario di Architettura di Venezia, Italy; **Javier Gallego Roja** | Universidad de Granada, Spain; **Giulio Giovannoni** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Robert Levy** | Ben-Gurion University of the Negev, Israel; **Fabio Lucchesi** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Pietro Matracchi** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Saverio Mecca** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Camilla Mileto** | Universidad Politécnica de Valencia, Spain; **Bernhard Mueller** | Leibniz Institut Ecological and Regional Development, Dresden, Germany; **Libby Porter** | Monash University in Melbourne, Australia; **Rosa Povedano Ferré** | Universitat de Barcelona, Spain; **Pablo Rodriguez-Navarro** | Universidad Politécnica de Valencia, Spain; **Luisa Rovero** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **José-Carlos Salcedo Hernández** | Universidad de Extremadura, Spain; **Marco Tanganelli** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Maria Chiara Torricelli** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Ulisse Tramonti** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Andrea Vallicelli** | Università di Pescara, Italy; **Corinna Vasič** | Università degli Studi di Firenze, Italy; **Joan Lluís Zamora i Mestre** | Universitat Politècnica de Catalunya, Spain; **Mariella Zoppi** | Università degli Studi di Firenze, Italy

GIORGIO VERDIANI

Retroprogettazione

*Metodologie ed esperienze
di ricostruzione 3D digitale
per il Patrimonio Costruito*



Il volume è l'esito di un progetto di ricerca condotto dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze.

La pubblicazione è stata oggetto di una procedura di accettazione e valutazione qualitativa basata sul giudizio tra pari affidata dal Comitato Scientifico del Dipartimento DIDA con il sistema di *blind review*. Tutte le pubblicazioni del Dipartimento di Architettura DIDA sono *open access* sul web, favorendo una valutazione effettiva aperta a tutta la comunità scientifica internazionale.

in copertina

Torre di Samarra, modello 3D e schematizzazione.

progetto grafico

didacommunicationlab

Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze

Susanna Cerri

Gaia Lavoratti



didapress

Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 8 Firenze 50121

© 2017

ISBN 978-88-9608-089-4

Stampato su carta di pura cellulosa *Fedrigoni Arcoset*

ELEMENTAL
CHLORINE
FREE
GUARANTEED



HEAVY METAL
ABSENCE
CI 94762

Prefazione	9
Introduzione	11
Retroprogettazione: concetto	19
La ricostruzione digitale 3D per l'Architettura e la 'retroprogettazione'	21
Primo passaggio: raccolta informazioni	27
Secondo passaggio: rilievo dello stato di fatto	33
Terzo passaggio: definizione di un insieme di elaborati grafici 2D e 3D	39
Quarto passaggio: contesto storico, fasi costruttive, unità di misura, riferimenti	41
Quinto passaggio: sviluppo di un modello ricostruito a partire dalle basi 2D e 3D	45
Sesto passaggio: confronto e analisi con altre competenze, verifiche e variazioni	46
Settimo passaggio: definizione del modello finale	46
Ottavo passaggio: definizione della forma di presentazione al pubblico	47
Nono passaggio: sviluppo di modelli analitici e di presentazione secondari	47
Decimo passaggio: divulgazione e disseminazione	49
Caso di studio 0 Il Campanile di Giotto a Firenze	51
Caso di studio 1 Due campanili per Santa Croce, Firenze	65
Il primo campanile	67
Il campanile di Francesco da Sangallo	75
Caso di studio 2 La torre del Cadi a l'Alhambra, Granada	85
Caso di studio 3 Le prime Cattedrali di Arezzo	95
Caso di studio 4 La fortezza di Montecastrese a Camaione	111
La campagna di rilievo digitale	117
Trattamento del dato e operazioni di ricostruzione 3D	121
Un modello in stampa 3D come simulazione sperimentale	122
Il Civico Museo Archeologico di Camaione	128
Conclusioni	129
Tecnologie, contesti e soluzioni	131
Conclusioni	141
Bibliografia	145

OZYMANDIAS

INCONTRA UN VIANDANTE DI UNA
CHE DICEVA: “DUE ENORMI GAMBE
STANNO IMPONENTI NEL DESERTO...
MEZZO VISO SPROFONDATO E SFRAN
E LE RUGOSE LABBRA, E IL SOGGHI
TRAMANDANO CHE LO SCULTORE DI
RIVELAVA,
CHE ANCOR SOPRAVVIVONO, STAMPA
ALLA MANO CHE LE PLASMAVA, E AL
E SUL PIEDISTALLO, QUESTE PAROLE
“IL MIO NOME È OZYMANDIAS, RE DI
AMMIRATE, VOI POTENTI, LA MIA
NULL’ALTRO RIMANE. INTORNO ALLE
DI QUEL RUDERE COLOSSALE, SPOG
LE PIATTE SABBIE SOLITARIE SI

TERRA DELL'ANTICHITÀ,
DI PIETRA STRONCATE
NELLA SABBIA, NON LUNGI DI LÀ,
TO, E LA SUA FRONTE,
GNO DI FREDDA AUTORITÀ,
BEN CONOSCERE QUELLE PASSIONI

TE SENZA VITA SU QUESTE PIETRE,
SENTIMENTO CHE LE ALIMENTAVA:
CESELLATE:
TUTTI I RE,
OPERA E DISPERATE!”
ROVINE
LIE E STERMINATE,
ESTENDONO OLTRE CONFINE.

Percy B. Shelley, 1818





**Resti di un
capitello,
sito di Bet
She'an,
Israele, 2007**

L'ampia comunità di studiosi del Patrimonio Culturale ha nel tempo avuto modo di visitare, studiare ed ognuno, a proprio modo, di 'vivere' una grande quantità di contesti archeologici, di rovine monumentali, di spazi devastati, ma con visibili tracce di un passato patrimonio costruito. Questi luoghi sono stati visitati, esaminati, sono stati l'oggetto di analisi e studi tesi a ritrovarne l'aspetto originale. Al pari di questi, con grande ricchezza di fonti e di interesse, un vasto patrimonio di opere non realizzate o parzialmente portate a termine, oppure compiute al di fuori della loro programmazione originaria, è stato oggetto di medesime ricerche, compiute in riferimento a quel che sarebbe potuto essere o che ha avuto sviluppo ben differente rispetto alle intenzioni originali. Nella maggior parte dei casi, il risultato di queste intense attività di ricerca ha portato ad ipotizzare o anche solo ad immaginare, le cause del decadimento o del mancato compimento di un'opera. Nel caso di opere effettivamente realizzate, le cause spesso sono state le guerre, i disastri, le molteplici vicende dell'umanità e il conseguente abbandono di un luogo un tempo vitale o di significativa importanza. Queste opere, si sono trasformate gradualmente da un'architettura coerentemente costruita ad una sorta di *memento mori* architettonico, hanno perso interesse nella parte vitale della società umana e, prive di un apporto teso al loro mantenimento, si sono disgregate via via che venivano dimenticate. Per le opere non realizzate, incompiute o trasformate radicalmente, il fascino del 'cosa sarebbe potuto essere' è presente da solo, non direttamente collegato a eventi storici drastici, ma comunque influenzato nel proprio contesto originario nella sua ideazione, mancata realizzazione o trasformazione. In questo caso l'opera incompiuta può essere manifesto di un periodo, emblema di ambizioni, intuizioni o anche erronee valutazioni connesse alle convinzioni di un'epoca o di una specifica fase architettonica. In entrambi i casi, la rilettura di una architettura perduta può portare interessanti contributi alla comprensione di un autore, di un periodo architettonico, di un'epoca storica. L'indagine sull'architettura può quindi portare a miglior comprensione delle vicende di un contesto passato, in quanto, in alternativa, il rudere o le rimanenze di un insediamento ed anche il singolo fabbricato possono risultare non leggibili e dare adito ad interpretazioni fuorvianti. In molte situazioni le ragioni delle rovine perdono di chiarezza e leggibilità e leggende e credenze popolari possono prendere il

posto di qualsiasi ragionevolezza. L'indagine e l'interpretazione accurata sul luogo e sul periodo storico possono permettere di recuperare ad una conoscenza corretta le ragioni di un sito e ricostruire un patrimonio di informazioni trasferibili e coerenti, capaci di ricomporre le ragioni sia della realizzazione, o della sua mancanza, che delle vicende della sua distruzione o trasformazione. In questo processo di lettura e ricerca, gli strumenti della rappresentazione digitale offrono oggi mezzi potenti di documentazione e presentazione, creando le condizioni sia di raccogliere dati fondamentali e precisi sullo stato di fatto del luogo indagato — per esempio attraverso il rilievo digitale — che efficaci procedure di ricostruzione e di presentazione. Tramite la produzione di modelli virtuali è possibile dare riscontro e verifica alle ipotesi, con soluzioni efficaci sia per la verifica di quanto definito da parte dello stesso studioso che per la successiva presentazione al pubblico tramite immagini di rendering grafico, video di animazione, realtà virtuale o amplificata. Un'architettura perduta o non realizzata 'chiede' a chi compie l'operazione di ricostruzione digitale di comprendere tutti i propri elementi, di riconoscere ogni possibile indizio e di procedere con una connessione logica e colta tra i resti dell'edificio esistente, i suoi disegni e rappresentazioni dal passato e le tracce provenienti da tutti i possibili indizi. Gli strumenti di modellazione 3D permettono di dare forza a idee ed ipotesi e possono essere integrati da processi di 'retroprogettazione', ovvero di 'progettazione inversa', un flusso di lavoro orientato a ritrovare le scelte di passati architetti, costruttori e commitenti, seguendo un percorso a ritroso rispetto alle anche minime tracce di quel che rimane. Nelle pagine successive, verranno individuati i principali processi di ricostruzione digitale tramite l'applicazione di procedure di interpretazione e di 'retroprogettazione' con l'analisi di cinque casi di studio incentrati su architetture complesse, variate rispetto al loro progetto originale oppure distrutte e scomparse in parte o completamente: il Campanile di Santa Maria del Fiore a Firenze nell'ipotetico progetto originale di Giotto, due degli antichi campanili 'perduti' della Basilica di Santa Croce a Firenze; i resti del ponte e porta del Cadì ai piedi della collina della Alhambra a Granada; le cattedrali di S. Maria e S. Stefano e di San Donato ad Arezzo, ormai ridotte a minimi resti archeologici; la fortezza di Montecastrese nei pressi di Camaione, distrutta quasi totalmente da un attacco in una antica invasione da parte di Lucca. Per ogni caso di studio verranno descritte le condizioni di partenza dell'indagine di ricostruzione, il ragionamento logico seguito e la struttura del processo di sviluppo condotto per ottenere una plausibile ipotesi ricostruttiva, finalizzata alla produzione di un modello digitale tridimensionale che sia non solo presentazione della propria idea, ma anche momento di verifica e contributo alle ipotesi maturate.

La ricostruzione a partire da resti archeologici è un'operazione abbastanza frequente nell'ambito degli studi sui Beni Culturali, risolve molti aspetti indefiniti al fine della loro comunicazione a turisti, studenti e per la diffusione di ipotesi o per presentare ad un pubblico vasto le qualità specifiche di un luogo. A coloro che visitano o studiano una località, consente di comunicare l'antico stato e le condizioni 'possibili e/o alternative' di uno specifico luogo. Nella maggior parte dei casi, l'operazione di ricostruzione è necessariamente sostenuta da un approccio multidisciplinare, mescolando diverse competenze provenienti da aree di studio differenti. Il tutto nell'intento di risolvere un complesso puzzle creato da resti, archivi, tracce, antiche testimonianze, studi precedenti e da un insieme di suggestioni articolati intorno al 'come doveva essere' il luogo oggetto di studio.

Questo processo complesso ed articolato ha ad oggi molti anni di esperienze che testimoniano un diverso modo di affrontare la ricostruzione, dal momento del 'revival archeologico', soprattutto sviluppato per immagini o per narrazione scritta, alle rievocazioni storiche dei film, miscellanea di ricostruzione affidabile e fantasticheria, agli usi multimediali moderni che vedono i dispositivi personali come strumento tramite sempre più comune. A prescindere dal mezzo in uso e dalle finalità della ricostruzione, il processo di ricreazione ha sempre avuto percorsi e processi di grande eterogeneità, quasi che lo spirito creativo, necessario per completare il processo, ponesse il bisogno di una personalizzazione del processo stesso, senza possibilità di adeguarsi a standard e procedure e spesso incapace di rinunciare a certe intuizioni e percezioni dell'autore, anche quando non supportate dall'evidenza dell'indagine scientifica.

L'operazione di creare una ricostruzione virtuale di una porzione di città o di uno specifico edificio ha catturato nel tempo l'attenzione e richiesto le capacità di molti e diversi studiosi. Ognuno di questi ha dato il proprio apporto specifico, interpretando e portando il proprio contributo in maniera coerente e specifica. In ogni caso ha fatto uno sforzo significativo di interpretazione e di lettura del progetto sotteso ai resti e agli indizi pervenuti nel suo tempo. Nei nostri giorni la continua richiesta di contenuti digitali e multimediali hanno chiesto un



↑
Ricostruzione virtuale del progetto di G. Terragni e P. Lingeri per il Palazzo Littorio di Roma, 1934.

Inserimento nel modello complessivo di Google Earth (Giacomo Feri, 2011)

pagina a fronte
Il fascino del rudere archeologico e il suo effetto di "risonanza": resti delle Piccole Terme, Villa Adriana, Tivoli, 2009

completo ripensamento di molte precedenti ricostruzioni, le parole 'virtuale' e 'digitale' sono apparse con l'intenzione di catturare l'attenzione verso un oggetto di interesse portato in una sua versione contemporanea ed informatica, capace di semplificare le modalità di fruizione, ma al tempo stesso tale da richiedere una accurata modellazione tridimensionale di numerosissime parti, la visita virtuale ad un intero edificio, ne richiede la modellazione di ogni parte, la libertà di guardare in qualunque direzione non lascia possibilità di parti irrisolte, il modello virtuale richiede quindi la risoluzione di ogni vano e di ogni elemento costruttivo o decorativo significativi.

La rappresentazione della ricostruzione cessa di essere vincolata ad una sola vista. L'accesso al modello è spesso fatto secondo una logica 'multi-scala' e questo aumenta il livello di conoscenza dei dettagli necessari per definire e completare la ricostruzione stessa rispetto a rappresentazioni tradizionali.

La ricostruzione digitale, completa e ben realizzata, diventa un elemento di strategica importanza per la presentazione in soluzioni multimediali. È sufficiente osservare la graduale e costante crescita della presenza di questo tipo di elaborati nel corso degli ultimi 20 anni per rendersene conto: presenza frequente nei media, sia di tipo tradizionale (Televisione, giornali) che — ancora più intensamente — online. Nei Musei, in maniera ormai costante la presenza di allestimenti temporanei o permanenti beneficia sempre di più di elementi digitali e quando si tratta di ricostruzioni questi presentano



efficacemente lo stato delle conoscenze sull'aspetto originale di un luogo, le sue fasi costruttive o evolutive, con sequenze di semplice presentazione o interattive. La ricostruzione digitale è oggi parte integrante di ogni mostra, deve essere versatile, deve essere corretta, deve catturare l'attenzione, ma, soprattutto, deve comunicare il proprio valore, arricchendo i visitatori che ne possono trarre più chiara suggestione e migliore conoscenza. Deve essere di facile fruizione ed avere una efficace capacità comunicativa. Ma deve essere anche non ingannevole, gli eccessi nell'esagerare caratteristiche e aspetto degli oggetti dovrebbero mantenere la propria chiarezza scientifica di processo di rimozione delle incertezze, mentre la chiara dichiarazione di quali livelli di approssimazione si stanno adottando potrebbe risultare utile per tutti coloro che non sono comuni 'consumatori' di quelle informazioni, ma che si stanno applicando a studi specifici sulle tematiche presentate. Nei nostri giorni il modello 3D digitale è la parte centrale di questo processo realizzativo, esso crea tutte le basi necessarie, dalla

generazione di singole immagini a complete esperienze multimediali, alla creazione di modelli fisici, alla connessione di informazioni, diffusione e la condivisione on-line, con la definizione di una sottile ed articolata rete di possibilità di richiamo e disseminazione circa il tema oggetto di studio e presentazione. Tutte queste condizioni e considerazioni non dovrebbero però limitare il modo in cui intendiamo la ricostruzione 3D dei luoghi antichi, le scelte di finalizzazione del modello non dovrebbero mai influenzare le scelte di ricostruzione, pena un difficoltoso e inappropriato scambio tra finalità e contenuto, con un risultato che comunque renderebbe preponderante la parte meno definitiva e incisiva (a lungo termine) dell'intero processo di realizzazione.

Sussistono però delle sostanziali differenze tra ogni singola ricostruzione, nella misura in cui, al variare del numero di indizi disponibili, di deduzioni richieste, di dettagli risolti, aumenta la determinazione del risultato, la sua palese consistenza, mentre si riduce la richiesta di astrazione fatta a chi dopo sarà fruitore di quanto prodotto. La volontà di voler fornire visualizzazioni 'certe', fa crescere significativamente la richiesta della soluzione delle incertezze da parte di chi scientificamente guida la ricostruzione. Questo avviene sia attraverso l'uso a riferimenti ad altri elementi ancora esistenti, sia in termini di effettiva ideazione, spesso necessariamente forzata per mero intuito e processo deduttivo. L'operazione di 'risolvere' e ricreare virtualmente quel che manca va quindi a confrontare nel tempo, negli stili, nelle influenze e nella logica, l'idea derivata dagli indizi con edifici e progetti noti e reali. L'abside di una chiesa, presente solo nella traccia archeologica e visibile nella sua interezza solo in una serie di rappresentazioni pittoriche idealizzate, 'irrispettose' delle attuali regole della rappresentazione, potrà essere gradualmente riportato ad una entità 'credibile' attraverso il confronto con edifici esistenti dello stesso periodo, ma anche comprendendo come la percezione dello spazio abbia influenzato la rappresentazione a noi trasmessa, al di fuori delle regole della costruzione della prospettiva contemporanea. Partendo il più delle volte da pochi disegni, chi opera la ricostruzione sviluppa dapprima una sorta di 'prospettiva introversa', raccoglie gli spunti tangibili e diretti, definisce e seleziona i termini di riferimento, fa ricorso al proprio patrimonio visivo e culturale al fine di ritrovare tutti gli elementi necessari a definire l'idea, confronta teorie e spunti testuali e grafici, provenienti da archivi e studi preesistenti, applica una analisi metrologica di quanto disponibile e cerca di risalire al concetto architettonico di quanto scomparso. Questo ultimo passaggio può assumere un vero e proprio aspetto di retroprogettazione, di risalita alle ragioni del progetto, di retro-progettazione attuata a partire dalle tracce e tale da ripristinare il patrimonio costruito in una forma, che se non propriamente di immedesimazione, quanto meno è di profonda comprensione, o almeno di

pagina a fronte
**Rendering e con
simulazione
illuminazione
del modello di
ricostruzione
virtuale della
"Fontana di
Sala Grande"**
**B. Ammannati,
1555**

(G. Verdiani, S. Di
Tondo, F. Fantini,
M. Pucci, 2010)





I gruppi statuari, nel passato opera di autori che erano anche architetti, possono costituire un utile soggetto per meglio comprendere il clima culturale di un periodo e il suo modo di intendere arte e architetture. "Fontana di Sala Grande" B. Ammannati, 1555, particolare. Museo del Bargello, Firenze.



felice intuizione. Quest'ultimo passaggio, non è di particolare originalità, numerosi architetti, ingegneri ed anche archeologi dei passati due secoli si sono cimentati nell'immedesimazione, forse nella visione più ancora che non nella comprensione dei loro predecessori al fine di 'restaurare' e ricostruire i luoghi, non in forme virtuali, ma spesso con i materiali stessi del reale ed operando direttamente sui luoghi.

Gli indizi disponibili, secondo il loro grado di attendibilità e secondo il livello di trasformazione con cui lo spazio architettonico ci è giunto, definiscono il modello ottenuto, dando appoggio e mediando la speculazione intellettuale, definendo un intreccio complessissimo di elementi, da cui la soluzione risultante può essere solo occasionalmente univoca. Ma un'eccessiva indeterminatezza non può mai giovare al visitatore di una mostra o di un museo, che può apprezzare in vari casi le variabili possibili, ma al tempo stesso può trarre maggior beneficio nell'essere ricondotto a condizioni chiare

di comunicazione. Se il racconto di questa incertezza può essere una storia coinvolgente, la sua capacità comunicativa può sostenere la lettura e l'interesse di qualunque visitatore, ma se l'incertezza è solo dovuta alla perdita delle tracce, o all'ingarbugliarsi degli indizi, spesso è preferibile presentare al pubblico quella che si ritiene la migliore delle soluzioni tra quelle possibili e rimandare all'approfondimento delle molteplici variabili solo quel pubblico realmente interessato al processo di indagine. La molteplicità di soluzioni possibili, dovranno inevitabilmente essere ricondotte ad una scelta preferenziale, soggetta a ulteriori possibili variazioni, ma che dovrà essere capace di presentare con il giusto livello di comprensibilità il luogo ai suoi osservatori, dovrà essere capace di trasmettere la volontà progettuale e il senso del luogo di uno spazio perso e non più esistente.

Per chi esegue l'operazione di ricostruzione il processo risulta assimilabile ad un percorso di 'costruzione' al vero della struttura originale: tutte le parti devono stare assieme in maniera coerente, tutti gli elementi, le porte, i pilastri, le pareti, le colonne, le scale e così via, devono essere verificati singolarmente e nella loro composizione. Se si tratta di una ricostruzione a partire da un rudere devono essere dimensionalmente e logicamente plausibili rispetto all'insieme dei resti. Il risultato deve comunque, in qualche maniera recuperare e rendere manifesto il pensiero progettuale che quell'architettura esprimeva. Il progetto dell'autore antico deve riemergere e completare il senso del luogo a partire dallo stato di rudere. Se si tratta invece della ricostruzione di una architettura solo progettata, il risultato finale deve inevitabilmente rispettare i disegni (o le tracce, gli schizzi, le rappresentazioni) originali, così come espresso dall'autore di quell'opera. Deve comunque contribuire a far emergere quelle caratteristiche di originalità, specificità e di applicazione di un linguaggio ben specifico che traspaiono dalle rappresentazioni cartacee, ma che possono essere ancor meglio chiarite allo studioso e al visitatore occasionale.

Al tempo stesso deve essere chiaro a chi conduce la ricostruzione, che la scomparsa, l'abbandono e le trasformazioni di un edificio sono spesso il risultato complesso di una sequenza di eventi e che quanto appare alla fine del processo può anche mostrarsi ingannevole, presentandosi in una forma ambigua e potenzialmente favorevole ad erronee interpretazioni. Inoltre, situazioni di distruzione e abbandono non richiedono necessariamente contesti antichissimi per concretarsi. Eventi bellici, fenomeni sismici ed altre catastrofi, l'uso inappropriato e l'incuria, la spogliazione successiva all'abbandono, l'evolversi della città che chiede spazio e nuove strutture, la combinazione di più di questi eventi, hanno portato in passato (e continueranno a portare in futuro) alla scomparsa di strutture architettoniche per cui, in seguito, potrà risultare di interesse una ricostruzione virtuale. Questa immagine, sicuramente chiara nel nostro presente, dovrebbe rimanere in forma persistente in ogni operatore che affronta

i temi della ricostruzione ipotetica di luoghi trasformati o abbandonati. Il nostro tempo è popolato di edifici in abbandono e dismessi, di strutture non completate e di cantieri. Questa è verosimilmente una condizione umana permanente, non un fenomeno esclusivo della nostra epoca. Può essersi accresciuto, per via della maggior dimensione delle città e delle aree urbanizzate, ma la compresenza di strutture in uso con aree in abbandono ed aree in costruzione è logicamente una compresenza possibile in tutte le epoche. I grandi siti archeologici, le vaste aree ricche di ruderi di vario tipo, non indicano necessariamente una fase unica in cui tutta l'area sia stata vitale ed attiva; al contrario, l'immagine delle rovine può trasmettere l'impressione di un sistema che pur essendosi sviluppato in una molteplicità di anni sia stato completamente usato nello stesso lasso di tempo. Le vaste aree rupestri possono essere un esempio ben chiaro di questo concetto, l'incredibile numero di chiese ed insediamenti, come quelli presenti in Kapadokya, Turchia, può far pensare ad una popolazione numerosissima ed eccezionalmente devota, ma al tempo stesso non presenta elementi atti a dimostrare la reale compresenza di popolazioni così ampie, né di un uso simultaneo degli interi insediamenti. È credibile immaginare che al progressivo estendersi degli insediamenti, le parti soggette a degrado venissero semplicemente abbandonate, oppure 'declassate' ad impieghi accessori, a favore di nuove architetture di più recente realizzazione (Verdiani, 2013). Ma l'immagine che se ne riceve è tuttavia quella del vasto insediamento, il racconto ricevuto sul posto, durante una visita turistica, tende a voler lasciare stupefatti, non necessariamente a guidare al ragionamento. Chi opera il processo di ricostruzione deve leggere ed ascoltare, ma deve mantenere attenta la propria logica e la propria capacità interpretativa: la credenza di maggior diffusione spesso può contenere tanto fattori concreti, quanto potenziali elementi ingannevoli.

L'interpretazione e la comprensione della volontà progettuale sottesa ai resti o che traspare dalle rappresentazioni è importante per la comprensione del luogo e della sua storia. È una profonda e precisa ricostruzione che segue un processo creativo, che può contribuire a chiarire lo stato delle conoscenze su un monumento trasformato o perduto, andando a far parte di quell'insieme di elementi che possono aiutare validare precedenti interpretazioni e intuizioni, ma anche diventare strumento per formulare nuove ipotesi. Quale che sia la situazione ed il suo sviluppo, il processo ricostruttivo digitale è sempre un forte contributo al raggiungimento di una significativa consapevolezza circa il patrimonio architettonico oggetto di studio e ricerca.

La preparazione di chi opera la ricostruzione virtuale diventa quindi fondamentale, sia dal punto di vista degli aspetti tecnici e culturali necessari per definire l'aspetto del luogo

perduto, sia di comprensione delle soluzioni tecnologiche disponibili per visualizzare il risultato, con competenze di regia e di direzione multimediale attente a comprendere l'atto didattico al pari della volontà e del piacere di creare sorpresa nell'osservatore. Un tipo di formazione di sua natura multidisciplinare, che deve coordinare aspetti tra loro molto diversi, raramente e non necessariamente, reperibili in una figura unica, ma possibili ed auspicabili nella figura che opera il coordinamento dei progetti di questo tipo. Il risultato di questo processo sarà comunque diretto verso gli utenti, porterà fuori gli esiti del singolo operatore o del gruppo di ricerca verso un pubblico più o meno ampio, porrà il risultato in una 'prospettiva estroversa' volta verso l'osservatore e intesa a trasmettere un sunto di quanto compreso e che ha raggiunto sufficiente completezza per essere definito e presentato. Una condizione che però sarebbe erroneo considerare sempre come fissa e stabile, il modello prodotto incontra nella stessa fase di realizzazione virtuale un importante banco di prova, mette in essere il confronto con la reale 'realizzazione' del modello ipotizzato e ponendolo in un contesto di fatto di pubblica esposizione, ne può ricevere spunti interessanti e capaci di introdurre ulteriori alternative e variabili. La loro eventuale reintroduzione nella complessa alchimia della ricostruzione può dare adito a nuovi sviluppi, nuove integrazioni, un dato che spesso non è facile raccogliere, ma che, come feedback, può rappresentare un interessante campo di integrazione nel futuro delle ricostruzioni virtuali.

Retroprogettazione: concetto

Gli architetti hanno una lunga storia dietro la propria pratica di lavoro, questa si estende su un tempo estremamente esteso, probabilmente con uno sviluppo maggiore rispetto a quello di altri campi. Non si tratta certo qui di istituire un primato di fronte ad altre discipline, ma di fare una considerazione sul patrimonio di tradizione ed esperienza, questo infatti risulta molto differenziato tra l'opera dell'architetto tradizionale e quello che opera con strumenti digitali. Nella ricostruzione virtuale, sia a partire da dati archeologici che da progettazioni irrealizzate/irrealizzabili, quasi tutti i tipi di operatori hanno un patrimonio di tradizione ed esperienza che ha una estensione nel tempo simile, ad oggi, alla loro stessa esperienza. I cinquant'anni trascorsi dall'introduzione dei primi CAD si riducono facilmente a venti per l'evoluzione delle architetture digitali di ampia diffusione e di uso multimediale. Si tratta indubbiamente di un ambito di regole e di metodologie ancora da esplorare e raffinare, dove molto è comunque legato alle caratteristiche degli strumenti in uso e dalla loro applicabilità. Un contesto molto fluido che però, per attuare il proprio obiettivo al meglio deve comprendere ed esplorare con proprietà l'ambito maggiore a cui fa riferimento, quello composto dalle regole del costruire, attraverso le epoche, sia da un punto di vista formale, che progettuale,

che tecnologico, che legato al contesto culturale. Per esempio, per gli antichi costruttori e architetti, si può fare una prima considerazione sul fatto di come questi abbiano gestito il loro lavoro usando una logica e un insieme di linguaggi abbastanza distanti dall'attuale approccio all'architettura, il peso dei vari aspetti di definizione del progetto, la formulazione di molte scelte può seguire logiche simboliche o di necessità costruttiva anche piuttosto lontane da problematiche del nostro tempo. A volte, osservando passate rappresentazioni di ricostruzione architettonica, attuate con procedure di rappresentazione tradizionale, può capitare di provare un leggero stupore, ci si meraviglia del livello di conoscenza del luogo, della capacità di un autore di interpretare e riproporre l'immagine di un luogo perduto con chiarezza e completezza. Su questo è possibile fare una prima considerazione, istituendo un parallelo tra gli architetti (e di conseguenza gli operatori della ricostruzione virtuale) del passato e quelli del presente: in un certo senso si può considerare che la rapida evoluzione nelle modalità di pensare e creare l'architettura nell'arco del ventesimo secolo e fino ai nostri giorni, abbia di fatto creato una maggior distanza culturale rispetto al passato, in altre parole, il concetto di architettura degli architetti settecenteschi, ottocenteschi ed anche del primo novecento era molto più vicino alla tradizione architettonica antica rispetto alle equivalenti figure del presente, ma non solo, gli architetti di quel periodo appaiono molto più vicini nel modo di comprendere ed astrarre l'architettura del passato dei loro predecessori, risultano più vicini agli architetti del passato di quanto noi possiamo dirci vicini agli architetti del XVIII, XIX o primo XX secolo, le regole sono cambiate velocemente e la comprensione del passato richiede una lettura e interpretazione specifica che non è più direttamente connaturata nella cultura architettonica generale. È semmai appena intuita, ma riuscire a compiere una concreta astrazione verso la logica architettonica del passato diventa cosa complessa.

Non si tratta però di una perdita, di una lacuna o di un passaggio che porta solo una perdita. Per esempio, tra le condizioni che creano questo divario possiamo includere il fatto che grazie all'evoluzione del pensiero circa i Beni Culturali e la maturazione della coscienza verso una cultura della conservazione, nel nostro tempo siamo portati a considerare ogni elemento delle rovine e tutti gli elementi antichi come pezzi preziosi del passato, ove possibile conservati, mantenuti e correttamente restaurati e protetti. In passato questo non era un'espressione della logica architettonica, né lo era per il processo di costruzione generale. Ricostruire parti reali, portando un edificio al suo aspetto medievale, romano, 'originale' o almeno 'all'idea di originale' secondo quanto nella mente del restauratore, è stato un fenomeno molto comune. Come appena detto, gli architetti dei secoli passati erano abituati a pensare in una sorta di continuità con i loro predecessori,

la logica del riutilizzo, della demolizione, della ricostruzione è stata perseguita continuando un vecchio comportamento comune a tutte le fasi storiche precedenti. Il senso di conservazione, di musealizzazione, ha richiesto poco tempo per essere sviluppato di fronte a questo lunghissimo periodo passato ed è ancora un processo in corso.

La fase contemporanea in cui ci troviamo, vede il Patrimonio Costruito come un lascito di pregio elevatissimo e necessariamente e giustamente da tutelare, documentare, trasmettere. Diventa una componente didattica e capace di attirare attenzione, presenta una traccia dal passato di grandissima importanza, da conservare sul posto in cui si trova, da recuperare come risorsa per quello che è e non come cava di elementi o luogo di vandalismo. Il fatto che ci sia un concetto e una cultura di approccio così elevata non esclude comunque che non siano ingenti e frequenti rischi nel garantire il preservarsi di questo Patrimonio. Le comuni pratiche del passato non sono rimosse nell'abitudine di tutte le persone e lo sfruttamento di un luogo a prescindere dal danno causato è condizione frequente e perpetrata da occasionali sciagurati o conseguenza di trascuratezza o malaccorta gestione. Un quadro complesso per un'epoca molto complessa.

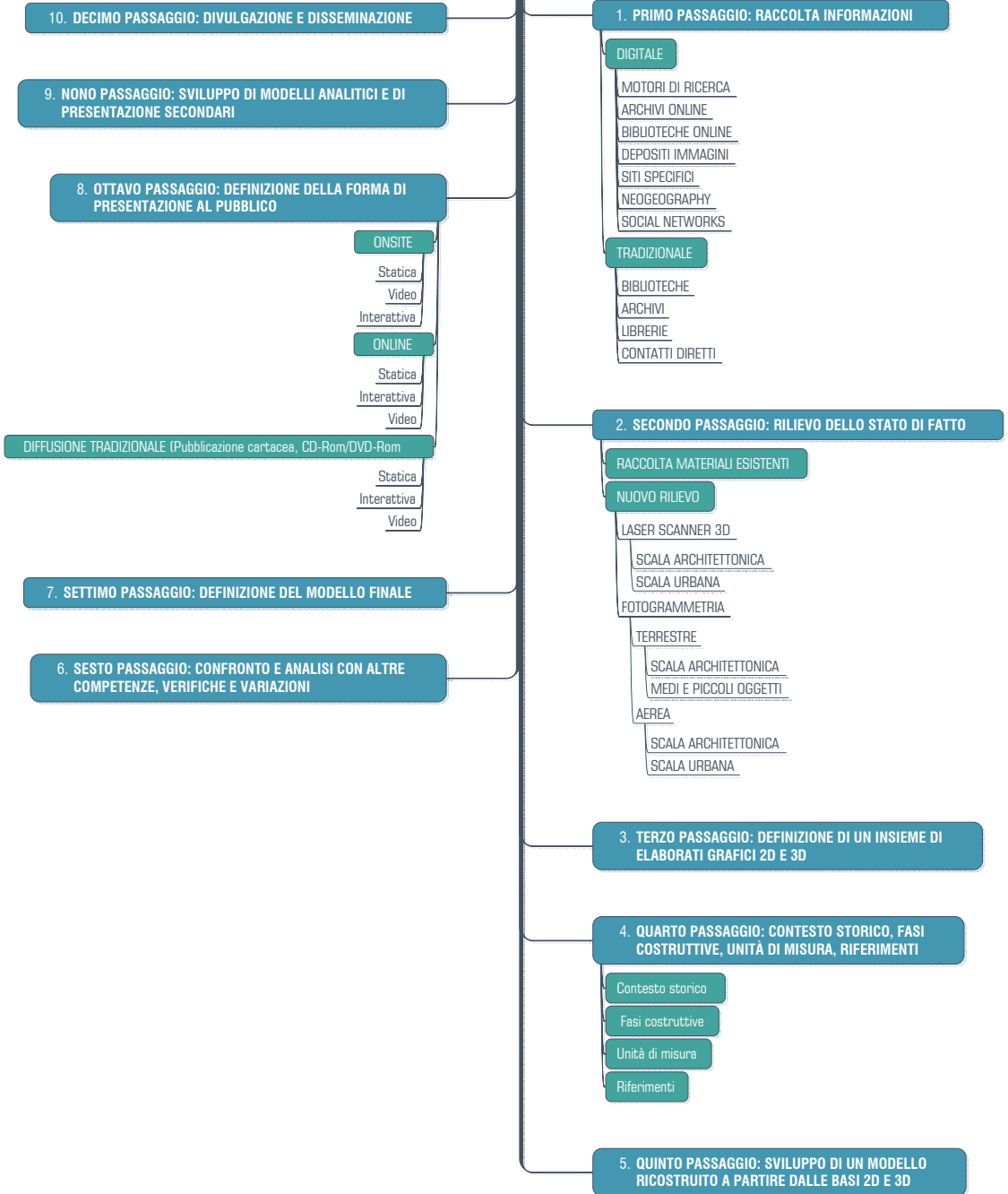
Sul piano della ricostruzione digitale dei luoghi ogni progetto e ricerca deve quindi allinearsi su un insieme articolato di indii ed attuare procedure di comprensione e lettura. Deve in primis comprendere la volontà progettuale presente nel soggetto affrontato. Questa potrà essere legata ad una specifica epoca oppure a fasi articolate e anche non continue, ma sarà comunque sottesa a tutti i passaggi. Si può usare il termine di 'retroprogettazione' per questa prima procedura, un processo mai completo e sempre capace di trarre nuovo spunto, ma da avviarsi a partire da resti ed indizi per risalire per intuizioni successive alla definizione del progetto originale per il luogo studiato. Una definizione inevitabilmente soggetta a possibili incertezze, ma necessariamente alla fine risolta. Di conseguenza, le strategie di presentazione tra quanto ricostruito con certezza di indizi e quanto ricostruito per semplice intuizione deve in qualche modo essere presente e documentato nel passaggio affrontato, non per semplice esercizio accademico, ma per creare solide basi e chiare informazioni per i successivi studiosi, in modo da trasmettere uno stato dell'arte sulle conoscenze di una architettura che non sia solo punto di arrivo, ma possibile occasione di riflessione e consistente evoluzione del sapere.

Chi affronta il processo di ricostruzione virtuale deve inevitabilmente compiere un passo culturale verso l'architetto, l'artefice, il costruttore dell'opera oggetto di studio, deve avviare un processo di comprensione del progetto, in cui alcune regole possono essere facilmente individuabili (come per esempio le unità di misura in uso all'epoca della realizzazione), mentre altre richiederanno riflessione sul panorama culturale dell'autore e della sua epoca,

con interpolazione ad altre opere, anche non necessariamente architettoniche (come scritti, dipinti, trattati). Il modello in fase di definizione dovrà poi essere confrontato con le caratteristiche delle tecnologie del suo tempo, le soluzioni pratiche e gli aspetti legati ai materiali in uso. E ancora, il confronto con il proprio paesaggio, naturale o urbano, così come comprensibile e individuabile, per la sua epoca, potrà portare a consistenti risultati e appropriate scelte. Ogni elemento acquisito, ogni cognizione composta con altre, costituirà una parte del mosaico finalizzato a comprendere il progetto, la sua logica compositiva, tecnica, costruttiva. Svelerà gradualmente il progetto partendo dai suoi resti, ripercorrendo la via della sua realizzazione quasi a ritroso e quindi in maniera ‘retro’ ovvero ‘inversa’, non in ordine necessariamente cronologico rispetto al processo di decadimento, ma utilmente secondo la comprensione delle fasi di trasformazione dell’architettura stessa e del suo contesto. Un percorso complesso, ma che può trovare utile aiuto già nell’insieme di strumenti di costruzione e rappresentazione digitale. Strumenti che possono efficacemente utilizzabili in forme che vanno oltre il solo scopo rappresentativo e che possono diventare efficace metodo di verifica delle teorie sul progetto stesso, quasi realizzando l’irrealizzato o quanto perduto e portandolo in una realtà di possibili punti di vista, di traguardi visivi, di relazioni tra volumi e contesto, di simulazioni di un passato perduto, ma virtualmente recuperabile.

La ricostruzione digitale 3D per l'Architettura e la 'retroprogettazione'

RICOSTRUZIONE DIGITALE 3D E RETROPROGETTAZIONE



LA RICOSTRUZIONE DIGITALE 3D PER L'ARCHITETTURA E LA 'RETROPROGETTAZIONE'



**Schema
generale**
della
metodologia
di un
retroprogetto

La ricostruzione digitale non parte dal nulla, si basa sempre su indizi, indicazioni, basi grafiche o di rilievo, può avere indicazioni anche solo testuali, ma la materializzazione di queste si compie comunque a partire da una base di riferimento esistente. In fase di ricostruzione le operazioni devono essere comunque condotte su basi certe, accurate, efficaci. In questo modo saranno di aiuto al processo conoscitivo e daranno valido supporto ai risultati. Qualunque ricostruzione architettonica parte sempre da degli indizi, che possono essere di varia entità: a volte possono essere prove documentarie certe, come la presenza di ruderi, disegni e rappresentazioni, a volte fotografie, documentazioni di archivio, descrizioni scritte. A volte la ricostruzione digitale avviene con alle spalle una o più ricostruzioni fatte in precedenza. Tutto questo insieme di tracce, per quanto evidente e completo, può comunque richiedere delle deduzioni finalizzate ad attuare la ricostruzione di parti totalmente mancanti. In altri casi, le tracce sono minime, dell'edificio è presente solo il concetto o poche tracce storiche, manca il rudere, mancano descrizioni dettagliate, manca la localizzazione del costruito. In ulteriori casi, può mancare anche l'idea stessa dell'edificio, ce ne sono solo alcune parti, forse anche smembrate, ma nessuna traccia ulteriore se non pochi frammenti riconducibili all'originale architettura. Quando l'edificio non è mai esistito o, meglio, è stato solo progettato, per cui di questo si hanno solo disegni, talvolta solo una singola rappresentazione che può essere stata condotta nella logica di mostrare un'idea, non di dare aiuto e supporto ad una ricostruzione. Volendo dare una struttura logica al processo di ricostruzione virtuale, considerando una architettura o un sito di cui rimangono tracce visibili, questa può essere sviluppata, non per ordine di importanza, ma per ordine logico ed operativo, come segue:

1. raccolta informazioni circa il tema in analisi;
2. eventuale rilievo dello stato di fatto quando questo tipo di documentazione non sia già disponibile o non sufficientemente aggiornata/dettagliata/attendibile;
3. definizione di un insieme di elaborati grafici utili allo sviluppo delle proposte ricostruttive: disegni 2D vettoriali e modello 3D per superfici;

4. analisi e studio approfondito del contesto storico, delle fasi costruttive, degli elementi confrontabili, delle unità di misura proprie dell'epoca a cui si fa riferimento, di tutti gli elementi specifici ed unici di riferimento;
5. sviluppo di un modello ricostruito a partire dalle basi 2D e 3D, sviluppando la proposta dalle prime o dalle seconde in base alla procedura riconosciuta come necessaria per il caso specifico;
6. fase di confronto e analisi con altre competenze, messa alla prova del risultato, eventuali correzioni e variazioni nelle scelte di ricostruzione;
7. definizione del modello finale, risultato unico o multiplo del processo precedente;
8. definizione della forma di presentazione al pubblico del prodotto ricostruito, perfezionamento del modello in base alle necessità di presentazione;
9. sviluppo di modelli analitici e di presentazione secondari utili a fissare il processo e a condividerlo con altri studiosi;
10. divulgazione e disseminazione dell'insieme dei prodotti della ricerca.

Una struttura operativa di questo tipo può risultare applicabile anche a tematiche tra loro molto differenti e quindi pertinente all'insieme dei molteplici casi della ricostruzione digitale. E di fatto, i casi che qui si vanno ad analizzare saranno molto diversi tra di loro. La prima divisione, può essere da subito effettuata tra la ricostruzione a partire da uno stato esistente, dalla presenza di un insieme di ruderi o di altri manufatti ancora interpretabili, ovvero quella del caso di uno scavo archeologico o di un edificio o porzione urbana trasformata. Per questo contesto di ricerca, la base di partenza dovrà essere necessariamente lo stato esistente dell'oggetto o, integrato dalle eventuali rappresentazioni del suo aspetto passato e, quando presenti, dai dati di archivio, dagli scritti e dalle notazioni recuperabili, meglio se dietro il vaglio di uno storico, come per esempio si può vedere nei lavori di ricostruzione virtuale e produzione dei modelli per l'area del quartiere della Mattonaia di Firenze, incentrate sulla riproduzione del contesto prima delle trasformazioni ottocentesche e subito dopo la loro conclusione, una ricerca ampiamente supportata dalla modellazione digitale e finalizzata nella realizzazione di modelli fisici prodotti per stampa 3D, condotta in occasione della mostra per i 150 anni di 'Firenze Capitale' (Belli, D'Andrea, 2015). In rare situazioni, potrebbe essere necessario ricorrere ad una documentazione proveniente dal recente passato, anche se non originariamente strutturata ai fini del rilievo, come le foto eseguite dai turisti prima del danneggiamento o distruzione di un bene, così come avvenuto, per portare il contributo di un esempio ben noto, per i Buddha di Bamiyan in Afghanistan (Grün, Remondino, Zhang, 2004). Al secondo

gruppo apparterranno invece le architetture non realizzate, per queste le basi di partenza potranno essere solo le rappresentazioni originali, i disegni, i dipinti o altri tipi di raffigurazione del progetto dell'oggetto stesso e ancora una volta gli indizi e la documentazione recuperabile presso gli archivi utili a contribuire alla sua miglior comprensione. A queste potranno integrarsi, quando riconoscibile e quando possibile, la documentazione, eventualmente un rilievo metrico, del luogo a cui l'opera non realizzata era destinata, in modo da avere a disposizione un efficace confronto e riferimento alla realizzazione del modello virtuale. Con a disposizione un rilievo ed un modello digitale del luogo di progetto, la ricostruzione può operare con maggior concretezza, stabilendo relazioni con gli elementi presenti all'epoca dell'ideazione di quanto poi non realizzato. Al tempo stesso il confronto tra il contesto — come attualmente di presenta — e l'ipotesi progettuale originale può essere utile a meglio comprendere la diversa evoluzione seguita dall'area nel tempo e di come la mancata realizzazione abbia lasciato modo ad una diversa trasformazione che di fatto può definire una sorta di 'alternativa' comunque interessante rispetto alla realtà concreta di una parte di territorio o città. Si vogliono di seguito approfondire e sviluppare i singoli punti del processo suggerito, in quanto questi nell'atto operativo della ricostruzione digitale, possono risultare un flusso continuo e facile a produrre variazioni e ripensamenti sul risultato stesso della ricostruzione, in un processo di quest'ordine di complessità una ragionevole strutturazione dei passaggi può solo contribuire a migliorare il risultato finale di quanto prodotto, sia nella qualità che nella possibilità di gestione.

Primo passaggio: raccolta informazioni

Quale che sia la complessità dell'oggetto di studio e quale che sia la finalità a cui è destinata la ricostruzione a cui si sta lavorando, una solida base conoscitiva della tematica è importante per tutte le parti operative del processo. Sia che si tratti di una ricerca condotta da un singolo che da un gruppo dalle molteplici competenze, la fase di raccolta (e di comprensione, organizzazione e condivisione) delle informazioni, dell'acquisizione dello stato delle conoscenze circa quanto si sta affrontando è assolutamente un momento importante. Sulla base di questo ogni passaggio successivo diviene importante e chi lo conduce sarà in grado di farlo con cognizione e maggior possibilità di muoversi nella giusta direzione. La ricostruzione di una architettura ridotta a rudere o mai esistita può essere un campo che spesso può richiedere di definire elementi e parti con idee proprie, derivate dal proprio patrimonio culturale e di informazioni e non sempre validabili da una formulazione capace di dare risultati univoci. Chi opera la ricostruzione digitale deve avere chiaro che per quanto innovativa, nuova, efficace sia la propria modalità di operare, per quanto visivamente intensa e capace di

stupire sarà la resa grafica ottenuta, la chiave concreta che farà la differenza, da ricercare nella qualità dei propri esiti, sarà la capacità di dare contenuto e concretezza alla proposta avanzata. La capacità del prodotto realizzato di trasmettere suggestioni, conoscenza, intensità del valore storico, artistico, informativo diventa elemento fondamentale al pari della fluidità dell'animazione e della qualità delle texture. Un tipo di arricchimento che richiede una chiara conoscenza delle caratteristiche e dell'intera panorama proprio del soggetto studiato. Le ricerche precedentemente condotte da altri studiosi diventano quindi un supporto fondamentale, il significato dell'opera può essere indagato in maniera appropriata, ma solo attraverso la ricomposizione del mosaico di conoscenze e all'inviluppo di vicende che devono necessariamente essere conosciute. Il contesto storico, logico, artistico, architettonico, sociale ed anche filosofico devono diventare noti, non necessariamente in forma completa e raffinata, ma con un approfondimento proporzionale alla propria capacità di trovarvi stimolo e contributo all'arricchimento del processo di creazione. Si tratta comunque di un scenario di parti anche molto diverse tra di loro e che può apparire estremamente complesso ed articolato, ma che non richiede necessariamente ad una singola persona di assumere tutta questa molteplicità di competenze e che può solo beneficiare di gruppi di ricerca adeguatamente articolati, al pari della complessità del tema stesso.

Nell'avvio della costituzione di una adeguata documentazione di supporto alla ricostruzione è fondamentale ricorrere tanto ai materiali reperibili online che ad una indagine bibliografia specifica presso biblioteche e archivi. L'uso di ricerche accurate sul web permette ormai di individuare con rapidità e buona completezza una notevole varietà di risorse, che possono poi essere utilmente completate ed arricchite dall'approfondimento presso le varie risorse librerie, cartografiche e di archivio di documenti storici. L'accesso a grandi archivi di informazione come Wikipedia (<https://www.wikipedia.org/>) o Europeana (<http://www.europeana.eu>) permette l'accesso alla consultazione di raccolte incredibilmente estese. La progressiva digitalizzazione di tutte queste risorse rende sempre più semplice e rapido questo passaggio, ma si crede che comunque una fase di 'immersione' in un approccio di ricerca più tradizionale possa solo servire a dare maggior approfondimento, controllo del tema ed in definitiva, qualità allo studioso che deve operare o coordinare l'operazione di ricostruzione. La ricreazione di una architettura richiede la presenza di un patrimonio culturale ed iconografico esteso, gli elementi di riferimento devono essere colti rapidamente, si deve maturare una valida competenza nel riconoscere e esempi di riferimento e possibili paralleli tra quando in corso d'opera ed elementi effettivamente presenti nel reale. Architetture con similitudini, paragonabili, con soluzioni

simili da una stessa epoca o anche da fasi storiche differenti, portano indubbiamente contributi importanti, portano comprensione della spazialità, portano suggerimenti di completamento dei particolari, portano chiavi importanti alla risoluzione del complesso mosaico ricostruttivo. Ed è ovvio che per raggiungere una capacità di astrazione sufficiente a sviluppare ipotesi basate su un processo di 'progettazione inversa' è necessario avere un buon controllo sulle tematiche storiche, artistiche e architettoniche del periodo a cui si fa riferimento, ma si deve avere anche una cognizione, anche solo pochi spunti appropriati per centrare quest'operazione nel contesto culturale e filosofico del periodo a cui la ricostruzione appartiene. Indubbiamente il ricorso alle indicazioni e richieste di parti specializzate di un gruppo di ricerca e sviluppo possono essere assolutamente risolutive, il parere di uno storico, archeologo, esperto di specifiche strutture, risultano spesso chiare e capaci di orientare le scelte, ma la maturazione delle competenze per chi si occupa di ricostruzione può altresì contribuire al completamento e all'arricchimento dei risultati in maniera determinante.

Tuttavia la raccolta di informazioni non sempre può risultare risolutiva nel processo di definizione della ricostruzione, crea di fatto le basi e determina gli elementi utili a supportare le ipotesi, ma deve essere portata, come somma culturale di tutti gli elementi trovati pertinenti, sul terreno del confronto con il sito, l'area di intervento, il contesto. Per successive interpolazioni il processo porterà gradualmente alla definizione del risultato finale. Un modello ricostruttivo compiuto e capace di sfruttare tutti gli spunti presenti per ricomporre una unica soluzione.

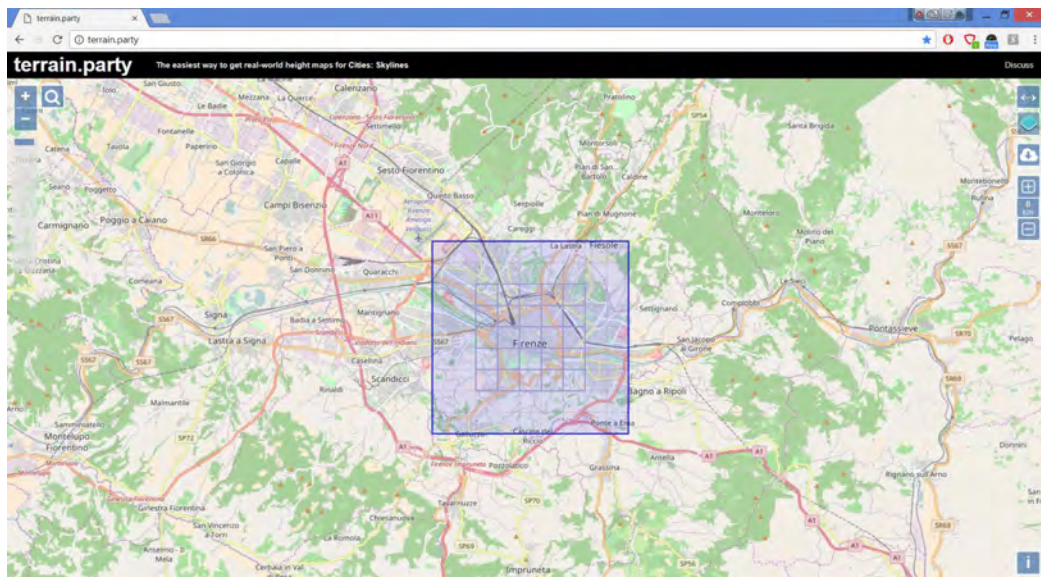
Le fonti a disposizione sono molteplici, per la ricerca online l'efficienza dei motori di ricerca attuali permette non solo l'accesso rapido a vasti risultati, ma permette anche l'individuazione di immagini, di testi, di mappe e dei prodotti più disparati. La progressiva digitalizzazione dei materiali tradizionali permette di accedere rapidamente a contenuti, a capirne la reperibilità e di individuare la disponibilità di materiali cartacei. Tutte le basi grafiche e testuali disponibili in forma digitale è bene che siano scaricate e acquisite nell'archivio della ricerca immediatamente al momento della loro individuazione, procrastinare in genere di alcuna utilità, i materiali poi risultati superflui potranno sempre essere rimossi, mentre un documento che dovesse risultare non facilmente rintracciabile (per le più varie ragioni) al momento in cui risultasse utile può rappresentare una perdita di tempo e causa di possibili difficoltà. Per i materiali che risultassero non ancora digitalizzati con qualità adeguata, o del tutto non digitalizzati, sarà utile prevedere un apposito intervento di digitalizzazione, le soluzioni di certo non mancano e possono risultare rapide e rispettose anche di materiali di elevato pregio e delicatezza. L'impiego di fotocamere di opportuna risoluzione e con obiettivi versatili o anche di scanner piani o a rullo (quando possibile) permette una rapida acquisizione di

risorse grafiche strategiche per la ricerca nella ricostruzione digitale. Laddove non sarà possibile fare altrimenti si digitalizzerà la riproduzione individuata alle migliori condizioni in una pubblicazione già esistente, ma quando possibile, la ripresa dell'originale può risultare ben più preziosa e foriera di utili spunti. Mappe, disegni, viste, tutto il patrimonio di contributi grafici dovrà essere il più possibile portato in forma agevole a far parte delle base di ricerca. La vasta disponibilità dei cataloghi delle biblioteche, sempre più agevolmente reperibili in rete, permette di costituire in tempi rapidi appropriate bibliografie e contributi utili alla ricerca, mentre specifiche parti delle community online possono ulteriormente contribuire ad individuare risorse e materiali, chiedendo e ricevendo informazioni in gruppi di discussione e da specifici blog tematici pertinenti l'argomento della propria indagine (Mapelli, Lo Jacono, 2008). Va solo tenuto presente che pur essendo via via sempre più in relazione tra di loro, i sistemi di ricerca devono essere sfruttati in maniera accurata e specifica, una semplice ricerca, superficiale e non approfondita, riporterà il più delle volte materiali interessanti, ma a rischio di essere parziali e limitati. Un procedimento svolto con attenzione indagando attraverso le varie relazioni intrinseche del tema, può portare non solo all'individuazione di contenuti di maggior valore, ma a creare potenziali condizioni di arricchimento delle basi della ricerca. Per il neofita questo può significare il 'non fermarsi alla prima pagina di risultati', ma sta in forma più ampia nell'eseguire ricerche che portino all'individuazione di termini chiave base di ulteriori ricerche, nell'individuazione di immagini e documenti, nell'ulteriore ricerca di termini individuati in questi contenuti (Burns, Sauers, 2014). Tra gli errori più comuni appare evidente quello di limitare le ricerche alla propria lingua nativa, cosa assolutamente da evitare, sia nel caso di motori di ricerca che nell'uso di grandi archivi strutturati in forma multilingue. L'impiego di criteri di ricerca in lingua Inglese, o nella lingua specifica associabile al tema oggetto di studio, possono rivelarsi risolutivi e portatori di migliori risultati. Per esempio, come ben noto, la consultazione di pagine in Wikipedia.org, che già possono risultare interessanti nella lingua individuata, può ampiamente arricchirsi spostando la lettura alle versioni in altre lingue della stessa pagina, che possono presentare testi più estesi, ulteriori immagini, maggiori riferimenti e collegamenti. In merito all'attendibilità dei testi reperibili online, va detto che questa può risultare variabile, al pari di molte pubblicazioni giornalistiche o di editoria minore. La presenza di grandi raccolte documentative basate sul contributo di comunità di autori può portare al manifestarsi di indicazioni non corrette o contenuti alterati, sta inevitabilmente alla capacità di interpretazione e confronto di chi esegue la ricerca, la possibilità di validare ed eventualmente anche correggere questo tipo di inesattezze o di contenuti svianti, il confronto con

più fonti e un'attenzione critica risultano indubbiamente gli strumenti più efficaci per evitare di assumere come concrete delle indicazioni falsate.

L'impiego dei sistemi di ricerca per immagini, può risultare estremamente utile, chi compie la ricerca ovviamente non può limitarsi ad un singolo motore, dovrà indagare parallelamente sia su sistemi di ricerca generica come lo specifico Google Immagini, ma anche esplorare contenuti di specifiche community dedicate alla raccolta e condivisione fotografica e video, come Google Picasa, Flickr.com, Tumblr.com, Instagram, questo sia in virtù del ben più ampio patrimonio di risorse disponibile, sia per la possibilità di utilizzare specifici criteri di ricerca, come quello per localizzazione geografica o di utilizzo dei gruppi di discussione dove 'chiedere' direttamente informazioni. Inoltre, con la recente introduzione di sistemi di ricerca basati sul confronto tra immagini, si può considerare aperta una nuova linea di interessanti opzioni, tuttavia, trattandosi di soluzioni in continuo sviluppo, i risultati ottenuti possono essere spesso limitati. Questo tipo di procedura può risultare interessante nell'individuazione di elementi simili ai reperti o a parti costruttive che si stanno studiando. Il confronto, anche quando porta a visibili difformità rispetto a quanto realmente cercato, a volte introducendo scelte apparentemente casuali, può comunque contribuire a qualche riflessione su quanto rappresentato nelle immagini utilizzate come base di ricerca e a introdurre, seppur raramente, qualche ulteriore elemento a supporto della propria ricerca.

L'utilizzo degli strumenti della Neogeografia (Turner Andrew, 2006) permette di localizzare aree, compiere misurazioni, confrontare le proprie elaborazioni con un modello del territorio affidabile e di ottima fattura. I dati accessibili online permettono di ricreare con efficacia elaborati e contributi utili alla ricerca, permettendo in molti casi anche la generazione con procedure automatiche di basi utili alla rappresentazione di massima di ampie aree del territorio. Sono un esempio di questa utilissima possibilità le funzioni di importazione di parti del modello del suolo di Google Earth tramite applicativi come Trimble Sketchup o moduli aggiuntivi per Autodesk Autocad o Mcneel Rhinoceros 3D, oppure la possibilità di scaricare ampissimi settori di mappa in formato immagine, ma con valori di altezza associati ai singoli pixel (height-maps) e quindi utilizzabili per la generazione di superfici vettoriali di varia complessità, come nel caso del sito di libero accesso Terrain.party (<http://terrain.party/>). Strumenti di questo tipo permettono facilmente di pianificare le operazioni di sopralluogo, di verificare punti di interesse, ma anche di inserire i propri modelli in un ambito di elevato dettaglio e studiare con accuratezza il rapporto tra luoghi ed avere una eccellente verifica del contesto. La rivoluzione nell'accesso alla cartografia introdotta dalla Neogeografia favorisce e contribuisce in maniera estremamente utile all'ambito della ricostruzione digitale delle architetture, non solo per quel che riguarda l'accesso a materiali e offrendo utili strumenti di



↑
**Interfaccia
web del sito
terrain.party**
per il download
di eightmap
di ampie aree
territoriali

localizzazione, ma permettendo in maniera immediata l'accesso a strumenti di ulteriore verifica e di generazione del modello del suolo.

Se dai modelli territoriali si passa alla scala architettonica e dei singoli manufatti, si può constatare come la progressiva disponibilità online di modelli tridimensionali di elementi di arredo, componenti costruttive, elementi artistici, reperti archeologici, intere architetture, renda ancora più semplice e rapido il confronto e la lettura di elementi integrativi alla propria ricerca. È possibile inserire arredi d'epoca corretti o compatibili, è possibile consultare interi modelli di statue, è possibile 'visitare' e consultare modelli di intere architetture, sia esistenti che mai realizzate. La base conoscitiva ed operativa diventa così potenzialmente ricchissima. Le grandi raccolte di modelli per l'architettura sono molteplici, tra queste può meritare di citare alcuni classici come la Trimble 3D Warehouse (<https://3dwarehouse.sketchup.com/>) e il sito greatbuildings.com (<http://greatbuildings.com/>), ma anche siti/servizi di sempre maggior importanza basati direttamente sui contributi degli utilizzatori, come sketchfab.com (<https://sketchfab.com/>). I modelli consultabili, spesso scaricabili e le informazioni a questi connesse possono costituire un utilissimo contributo e arricchimento ad ogni ulteriore passaggio di ricostruzione.

Se la composizione della ricerca online costituisce sempre di più un momento iniziale importante e chiarificatore circa lo stato delle conoscenze sulla ricerca in atto, non si deve però trascurare, in base all'importanza data al tema che si sta affrontando, una

successiva fase di indagine sul campo, direttamente presso le biblioteche, gli archivi, le librerie, la ricerca sul luogo e l'indagine diretta su architetture e manufatti paragonabili, l'incontro con studiosi relativi ad aspetti specifici. Senza questa fase effettiva ed operativa il procedimento di sola raccolta dati online rischia di esser fuorviante, latore di gravi limitazioni al possibile e successivo risultato. La grande base di dati recuperabili online rischia di far trascurare aspetti essenziali, che passano in seconda fila solo perché documentati in maniera minore nella forma digitale disponibile online. Possono essere vittima di questo processo limitante numerosissimi contenuti di archivio non digitalizzati, libri di studiosi locali, cartografie storiche ed altri materiali analoghi. La ricerca online deve sempre essere considerata un punto di partenza e deve costituire una base ragionevole da cui muoversi, ma i passaggi successivi 'sul campo' costituiscono inevitabilmente il consolidamento e un efficace spunto, anche creativo, allo sviluppo della ricostruzione digitale.

Così come ogni tema di ricostruzione avrà una sua vicenda specifica, al pari, la sua fase di investigazione e raccolta di informazioni, non mancherà di procedere con specifica originalità, non è certo possibile individuare passaggi costanti sempre validi, ma si può solo raccomandare grande perseveranza, attenzione della scelta dei criteri e capacità nell'individuare possibili limiti imposti nei criteri della ricerca operata e a superarli.

Secondo passaggio: Rilievo dello stato di fatto

La documentazione del patrimonio costruito è oggi una operazione strettamente digitale, le opportunità e i vantaggi in termini di tempo impiegato, possibilità di trattamento del dato, qualità del livello di dettaglio acquisito rendono superiore la soluzione di rilievo digitale a qualunque tecnica adottata in passato. Nell'arco degli ultimi vent'anni, la consuetudine e la necessità oggettiva di produrre elaborati digitali, come disegni tecnici e tavole tematiche vettoriali, oppure ampiamente basati su materiali provenienti dalla fotografia digitale e dalla sua elaborazione, hanno portato a prevedere la finalizzazione di tutti gli elaborati in forma digitale. Con il crearsi di nuove necessità di condivisione e di gestione del dato secondo dinamiche ancora completamente in fase di sviluppo. Quelli che sono stati per anni chiamati 'nuovi strumenti' (Verdiani, 2006) sono gradualmente, ma rapidamente, diventati gli strumenti consueti e contemporanei. Nelle modalità e nelle procedure di tutte le parti operative sulle tematiche del patrimonio costruito e in generale dei Beni Culturali si è quindi gradualmente instaurata la percezione, quando non anche la comprensione, di come un approccio basato su rilievo e restituzione digitale permetta assoluta precisione, maggiore copertura, estrema rapidità e maggior sicurezza nelle operazioni.

L'intervento di rilievo digitale può essere una base importante per garantire la massima



↑
Rilievo con laser scanner 3D Cam/2 Faro X330 delle Terme di Villa Giulia, Ventotene
 (G. Verdiani, C. Barzacchini, G. Patti, 2017)

pagina a fronte
Operazioni di rilievo fotogrammetrico, British Museum, frammenti del Mausoleo di Alicarnasso
 (Giorgio Verdiani, Stéphane Giraudeau, Anna Frascari, 2014)

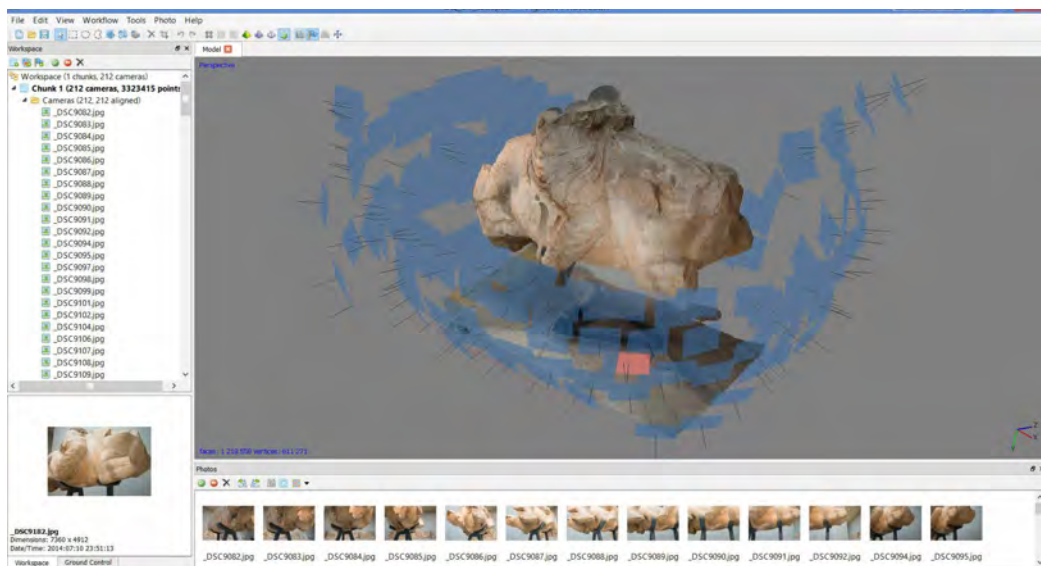
affidabilità delle successive operazioni di ricostruzione. Essendo un metodo rapido ed efficace permette la copertura di grandi aree e di edifici complessi in tempi brevi, influenzati solo da condizioni di accessibilità, frammentarietà degli spazi, problematiche operative. Il rilievo digitale risulta quindi base fondamentale per la ricostruzione a partire da un sito archeologico o a partire da una architettura od opera fortemente modificata o danneggiata. Nel caso di opere non realizzate, quando utile, permette di documentare in maniera efficace l'area in cui quanto realizzato sarebbe dovuto andare a collocarsi così come oggi si presenta. Una base digitale di questa precisione permette facilmente lo studio delle dimensioni, delle proporzioni, delle specifiche trasformazioni dell'oggetto. Permette di operare molte operazioni di lettura sul modello raccolto e producendo una quantità massiva di dati, delega ad una fase successiva di elaborazione l'individuazione di caratteristiche minori e secondarie, riducendo in maniera elevata la permanenza sul luogo degli operatori. Le principali soluzioni di rilievo digitale in uso agli architetti sono i sistemi attivi basati sul Laser Scanner 3D e i sistemi passivi fotogrammetrici (Bini, Bertocci, 2012). In entrambi i casi si tratta di soluzioni finalizzate alla produzione diretta e rapida di modelli digitali tridimensionali. Con soluzioni specifiche che hanno ovviamente portato a preferire determinate soluzioni in base al soggetto di studio. Se ne possono riassumere, in maniera molto succinta, le prerogative come segue:

Rilievo tramite laser scanner 3D (strumentazioni per la scala architettonica) — permette



elevata precisione per architetture e spazi urbani anche di grandissime dimensioni, la generazione del modello avviene per raccolta di nuvole di punti vettoriali colorizzate su base di valori di riflettanza del materiale o con sovrapposizione di dato fotografico. Permette estrema copertura dell'area, buona velocità delle operazioni, necessita di uno o più operatori specializzati nella pianificazione delle operazioni di scansione. Gli spazi da acquisire possono essere di dimensioni anche molto differenti e possono essere affrontati con impostazioni specifiche della strumentazione in modo da perfezionare l'insieme delle procedure e produrre un adeguato bilanciamento tra il volume di dato acquisito e la reale necessità di documentazione. Le operazioni di rilievo possono essere condotte in qualunque condizione di luce. Il dato finale richiede ulteriore elaborazione per l'ottimizzazione del dato, l'allineamento delle singole scansioni, la produzione di modelli di superfici. L'applicazione del dato fotografico sui modelli può risultare di una certa complessità. Soprattutto, quando il rilievo con questo tipo di strumentazione viene condotto da un operatore esperto, il dato risultante dà sempre piena certezza di risultato, presentando estrema costanza nell'accuratezza del dato e piena affidabilità anche per aree di rilievo molto estese.

Rilievo tramite fotogrammetria (impiego per la scala architettonica) — Può essere operato anche con fotocamere amatoriali ed osservando poche regole di ripresa, permette l'unione di scatti provenienti da fotocamere diverse ed eseguiti in condizioni di ripresa non omogenee. Tuttavia l'accuratezza del risultato dipende strettamente dalla dimensione del singolo



↑
**Restituzione
 fotogrammetrica,
 British Museum,
 frammenti del
 Mausoleo di
 Alicarnasso**
 (Giorgio Verdiani,
 Stéphane
 Giraudeau, Anna
 Frascari, 2014)

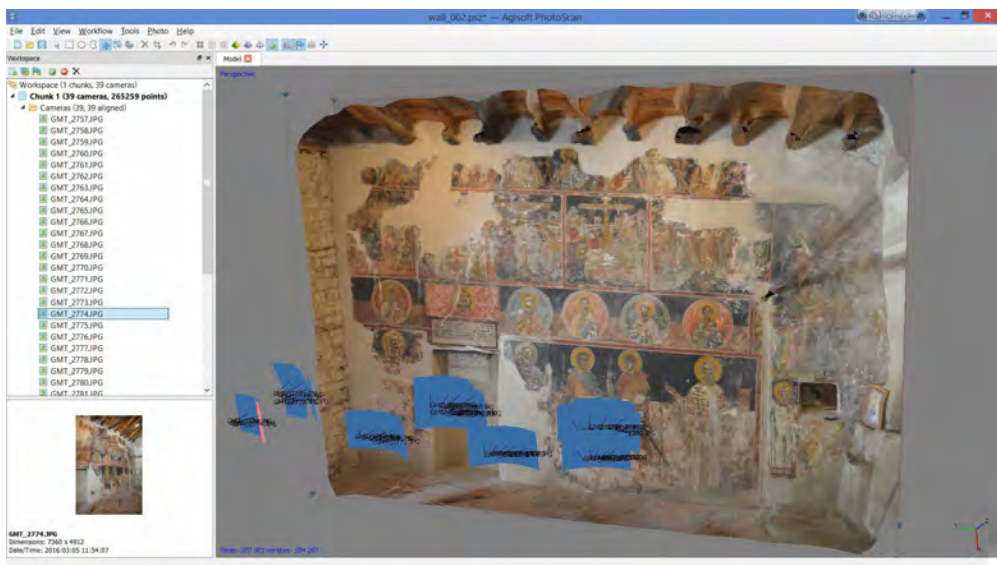
pixel presente nell'immagine rispetto all'estensione dell'oggetto ripreso e dalla possibilità di costituire, in fase di calcolo, corrispondenze tra diversi scatti individuando caratteristiche comuni.

Di conseguenza una campagna fotografica condotta in condizioni di luce costante, con stessa fotocamera e obiettivo di qualità professionale può dare risultati di miglior accuratezza. La possibilità di utilizzare quasi qualunque tipo di strumentazione fotografica digitale, la grande automazione dei sistemi di restituzione e la possibilità di condurre tutte le operazioni con strumentazioni estremamente trasportabili, ha reso enormemente popolare e diffuso il rilievo fotogrammetrico nell'arco degli ultimi dieci anni.

Di fatto l'automazione e semplificazione del processo hanno reso molto più semplice e rapido l'intera procedura, creando valide prerogative per rendere questa soluzione preferibile per il rilievo speditivo e la produzione di modelli con texture e rapidamente utilizzabili per documentazione ed uso multimediale. La scala architettonica può risultare un soggetto non sempre semplice per questa soluzione di rilievo, specie se si desidera una restituzione in scale che permettano una restituzione accurata dei dettagli, ma in condizioni ottimali e con riprese ben condotte i risultati ottenibili sono comunque di elevata qualità e paragonabili a quanto ottenuto con sistemi Laser Scanner 3D.

La leggerezza della strumentazione di ripresa (Rodríguez-Navarro, Cabezas-Bernal, 2014) e la sua possibilità di controllo remoto hanno reso possibile incorporare questo

pagina a fronte
**Parete affrescata
 in una chiesa del
 Castello di Berat,
 Albania, 2016**



tipo di soluzione a specifiche soluzioni di volo (come Droni/UAV) (Juniper, 2015) o a sistemi più semplici e diretti come le aste telescopiche. In questo modo anche la ripresa aerea e da punti difficilmente accessibili ha radicalmente cambiato prospettiva d'uso per architetti, archeologi ed altri studiosi del Patrimonio Costruito. A partire da un set di foto ben condotte i software di restituzione possono produrre con una certa rapidità, modelli accurati, ben dettagliati e completi di una texture ben definita. Una base estremamente utile e facilmente ottenibile per siti archeologici ed edifici isolati, di una certa e maggior complessità nel caso di edifici presenti in un tessuto urbano storico o comunque molto denso.

La massima praticità, rapidità e qualità di risultato risulta comunque conseguibile in tutte le occasioni in cui risulti possibile sia una ripresa da terra che una ripresa dall'alto del soggetto in fase di rilievo. Infatti la possibilità di riprendere lo stesso soggetto da punti di vista completi permette di identificare tutti i bordi del costruito rispetto al suo intorno e al cielo e di ottenere modelli che non necessitano di ulteriori procedure di pulizia e finitura da artefatti e alterazioni (Rodríguez-Navarro, Gil-Piquera, Verdiani, 2016).

Rilievo tramite fotogrammetria (impiego per la scala del manufatto di piccola e media dimensione) — Nel caso del rilievo di oggetti, elementi di finitura o arredo, di particolari costruttivi e di statue, il sistema di rilievo basato su fotogrammetria può risultare estremamente efficiente. Infatti a tutte le prerogative già descritte nel caso del rilievo a scala architettonica, la minor dimensione del singolo pixel presente nell'immagine rispetto alla dimensione



**Restituzione
fotogrammetrica,
British Museum,
statua maschile
dal Mausoleo
di Alicarnasso**
(Giorgio Verdiani,
Stéphane
Giraudeau, Anna
Fracari, 2014)



dell'oggetto, accentua l'accuratezza della misurazione, rendendo possibile la restituzione di un elevatissimo livello di dettaglio anche per oggetti di elevata complessità. Il notevole livello di accuratezza ottenibile per questo tipo di elementi permette oggi di rendere preferibile questa soluzione di intervento a molte altre soluzioni basate su sistemi Laser Scanner o a proiezione di pattern, la procedura totalmente passiva della fotogrammetria risulta limitata solo dalle condizioni di luce, non sempre ottenibili come favorevoli alle operazioni oppure a particolari necessità di rilievo (documentazione di interno/esterno di oggetti non facilmente accessibili, materiali difficoltosi alla ripresa fotografica), ma di massima, allo stato dello sviluppo di queste soluzioni, la procedura fotogrammetrica tende ad essere preferita nella maggior parte delle situazioni che richiedano il rilievo di piccoli reperti, statue, manufatti di medie dimensioni. Queste notevoli prerogative di praticità e qualità sono già state ben esplorate nell'uso per la creazioni di versioni virtuali per musei e collezioni (Guidi, Rodríguez-Navarro, Russo, 2013), ma lo stesso processo può risultare efficacemente applicabile per la riproduzione di una singola scultura od anche

la costituzione di archivi di parti ipotizzate come provenienti da una stessa architettura o sito archeologico e che possono quindi essere ricomposte con efficacia, cogliendo i dettagli del singolo elemento e portandolo ad utile contributo del processo di ricostruzione virtuale (Verdiani, Braghiroli, 2012).

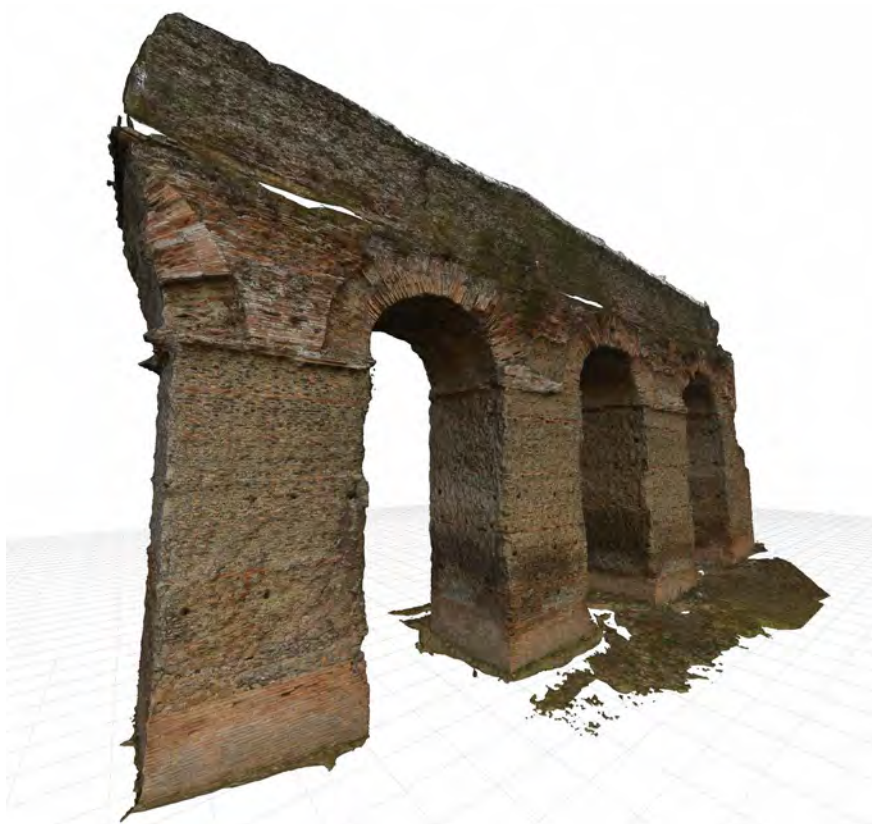
Entrambe le soluzioni, sia basate su Laser Scanner 3D che su Fotogrammetria possono beneficiare di un adeguato supporto topografico, fondamentale per migliorare la qualità dell'allineamento delle singole scansioni o la precisa messa in scala dei modelli (nel caso della fotogrammetria). La presenza di una rete topografica, permette inoltre di connettere parti diverse di rilievo in un unico sistema, riducendo la necessità di sovrapposizione tra le singole campagne di rilievo ed ottimizzando grandemente il volume complessivo dei dati raccolti e da elaborare (Bini, Bertocci, 2012).

Terzo passaggio: definizione di un insieme di elaborati grafici 2D e 3D

Completata la documentazione dell'area di interesse, considerando completi tutti gli elaborati acquisiti circa la sua morfologia attuale, oppure avendo digitalizzato con qualità ritenuta sufficiente tutte le rappresentazioni dell'opera non realizzata o nel suo aspetto prima di una notevole trasformazione, il passaggio successivo sarà necessariamente quello di predisporre un insieme di elaborati propri del soggetto di studio. Questa fase non sarà certo banale, in quanto le scelte di messa in evidenza dei segni, di tracciamento delle linee e l'appropriato valore da dare alla nuova rappresentazione, incideranno su tutti i passaggi successivi. Un errore di disegno, una sezione mal interpretata, oppure un elemento dubbio graficamente descritto in maniera erranea, possono portare a falsare in parte o anche in maniera grave i passaggi successivi. Chi esegue il disegno dovrà quindi avere buona dimestichezza nelle operazioni di ribattitura e ridisegno da basi esistenti, tanto da materiali tradizionali digitalizzati (cosa assolutamente in genere meno difficoltosa, anche in base all'attuale formazione che ricevono architetti, archeologi, specialisti per i Beni Culturali, grafici, ecc...), quanto da estratti da rilievo digitale laser scanner 3D o nuvola di punti. Per produrre disegni di tipo tradizionale a partire da dati di questo genere, chi compie il disegno dovrà ben conoscere procedure e caratteristiche del rilievo digitale, questa operazione oggi può essere compiuta secondo due procedure principali, una basata su una più tradizionale produzioni di basi bitmap rappresentanti piani di sezione, ovvero piante, sezioni o prospetti (ma anche vedute assonometriche o in prospettiva, a seconda delle necessità), oppure attraverso procedure di ribattitura diretta sul modello tridimensionale per nuvola di punti. In entrambi i casi sarà necessaria una buona dimestichezza con programmi e con questo tipo di dato. L'estrazione di rappresentazioni tradizionali deve considerare la natura 'trasparente' che in certe situazioni la nuvola di punti,



Resti
dell'acquedotto
Anio Novus,
Castelmadama,
Roma. Modello
digitale
con texture
prodotto da
fotogrammetria,
2016



specie da dato laser scanner 3D, può assumere, mentre la gestione di una ribattitura direttamente sul modello tridimensionale richiederà maggior esperienza e buon controllo delle applicazioni 3D sia da un punto di vista pratico che da un punto di vista logico delle procedure. In tutti i casi, si dovrà attuare una attenta valutazione della sequenza di operazioni da compiere, individuando la strategia più conveniente in base ai molteplici fattori che avranno influenzato la prima restituzione del rilievo. In determinati casi, specie a seguito di un rilievo fotogrammetrico, si potrà valutare l'operazione di restituzione come prevalentemente basata su una immagine di rendering a partire da una superficie con texture, ma la procedura di creazione di questi elaborati dovrà comunque seguire la logica del 'minimo sforzo, massimo risultato', anche in accordo con le consuetudini e le scelte grafiche di chi opera questa fase.

Le basi bidimensionali così prodotte non avranno solo lo scopo di produrre elaborati in

accordo ad un qualche stile passato di disegno, sono di fatto un'operazione di discretizzazione importante, riportano il modello spaziale a forme di schematizzazione storiche, riportano il pensiero sugli stessi passi di chi quell'opera ha realizzato o anche solo ideato, spesso con disegni andati perduti, ma in genere costruiti secondo regole proiettive e con regole di linguaggio alla base del disegno architettonico. La scelta di rappresentare le basi di una ricostruzione digitale in forme tradizionali bidimensionali non è semplificativa in senso deteriore o una rinuncia alle possibilità tecnologiche, è un atto di comprensione. Un passaggio necessario a strutturare meglio il rapporto tra la raccolta massiva dei dati e il reale controllo sull'oggetto rilevato. Un'occasione di riflessione a cui sarebbe un peccato rinunciare.

Quarto passaggio: contesto storico, fasi costruttive, unità di misura, riferimenti

È indubbio che questa fase può avere notevoli variazioni in base allo specifico soggetto su cui si opera la ricerca, ma di massima si deve tenere conto di tre momenti ben distinti: lo studio sulla base di quanto già scritto da altri sullo stesso soggetto o su tematiche prossime; la consultazione diretta di studiosi e altri ricercatori che con le proprie competenze possono significativamente contribuire al conseguimento di risultati nella ricostruzione; la definizione di un approccio proprio, architettonico, al soggetto studiato, un'interpretazione originale capace di superare eventuali difficoltà e capire quali sono le giuste domande da porsi di fronte all'architettura scomparsa o non realizzata. I primi due momenti possono assumere vicende assolutamente proprie per ogni soggetto, non è possibile generalizzare o definire modalità facilmente replicabili. Se il tema che viene affrontato ha una notevole importanza storica ed è stato ampiamente trattato in passato, la ricerca dovrà organizzare un'ampia base bibliografica ed eventualmente di passate ricostruzioni. Le competenze ed anche pareri molto discordi potrebbero non mancare. Nel caso, viceversa, di un soggetto misconosciuto, nuovo o esclusivamente trattato da pochi studiosi locali anche in tempi non necessariamente recenti, la raccolta di materiali relativi ad altre architetture e tematiche di supporto potrà risultare fondamentale per rendere più solido il panorama conoscitivo necessario a sviluppare la ricostruzione digitale attraverso una miglior comprensione dei temi di contesto.

Per quanto riguarda il terzo momento, ci sono degli aspetti ricorrenti e che possono risultare sempre utili da applicare a chi si appresta a procedere alla formulazione della ricostruzione digitale di un edificio, ovvero, prevalentemente: gli aspetti legati alle fasi costruttive dell'edificio o di quanto ne resta; gli aspetti legati alle informazioni che si possono trarre da elementi confrontabili, sia quando questi sono intere architetture o parti o particolari; gli aspetti relativi alle unità di misura proprie dell'epoca a cui si fa riferimento e a cui l'architettura non realizzata, alterata o scomparsa ha visto il proprio sviluppo. Non sono certo questi soli tre aspetti

a definire in tutto e per tutto la ricostruzione, ma possono essere valido supporto allo sviluppo di una retroprogettazione, introducendo elementi propriamente architettonici e propriamente inerenti il processo costruttivo. Sono tre elementi ordinatori del contesto culturale in cui il passato architetto o costruttore si trovava immerso, sono elementi guida che devono essere compresi e che fungeranno da guida e verifica nelle scelte complesse della ricostruzione.

Le fasi costruttive di un edificio: queste potrebbero essere anche già conosciute in base allo stato delle conoscenze già acquisito, ma rileggerle e interpretarle, imparare a riconoscerle darà una maggior sicurezza. Un intervento in materiali diversi, la presenza di evidenti suddivisioni negli elevati, le riconoscibili nuove aperture e quelle che sono state tamponate, creano un racconto di vicende interessanti, una sequenza che richiede una conoscenza delle tecniche costruttive delle epoche e il possesso di alcune di lettura utili a districare situazioni architettoniche raramente di facile lettura. Un edificio vecchio di secoli può presentare un numero di modifiche, trasformazioni, alterazioni, nuove aggiunte, demolizioni e ripensamenti apparentemente innumerabili. Il lungo tempo trascorso difficilmente aiuta la lettura e una costruzione dalle molte vicende tenderà a nascondere le ragioni delle sue trasformazioni. La sola lettura degli apparati murari in molti casi non basterà, ma per quanto parziale, permetterà di definire alcuni spunti utili, alcune tracce a cui tornare ad attingere nel momento in cui nuovi elementi dovessero emergere.

Informazioni tratte da elementi confrontabili: di certo una condizione non facilmente applicabile e non sistematica, ma pur sempre possibile e di conseguenza meritevole di una certa attenzione. Tentare di riconoscere in edifici simili a quello che si sta cercando di ricostruire elementi comuni, sia generali che specifici, può risolvere molti passaggi nella retroprogettazione. L'individuazione di questi elementi di paragone richiederà una certa memoria visiva, ma come è inevitabile, mentre si tenta una ricostruzione, l'attenzione e la curiosità per tutto ciò che è assimilabile al proprio tema andrà a crescere e a rendere maggiormente sensibili verso prospetti, piante, sezioni e dettagli che possono richiamare quanto si sta cercando di risolvere e visualizzare. La tecnica migliore, in questo senso è forse quella di lasciarsi 'andare' a questa sensibilità, catturando ogni indizio e tentando di capire cosa si sta effettivamente riconoscendo come 'simile' e quanto questo ne definisca gli aspetti architettonici. La logica può suggerire di studiare e confrontare solo edifici coevi o comunque riconducibili al periodo storico a cui appartiene l'architettura oggetto di studio, ma se si dovesse percepire una suggestione da una architettura da un altro periodo, sarebbe una rinuncia al limite dell'ottusità il non saper assecondare questo pensiero anche solo per analizzarne le ragioni. La spazialità di un luogo, la

sequenza delle forme, le declinazioni di scelte progettuali, possono non essere esclusiva di una sola epoca e talvolta architetture particolarmente innovative o sperimentali possono trovare paragone in epoche anche molto diverse da quella strettamente propria. A chi opera la ricostruzione digitale il rigore delle scelte può anche travalicare quello strettamente storico, la comprensione di come la luce attraversa uno spazio, i rapporti tra masse e l'effetto suscitato da una sequenza di volumi, possono valere il confronto con edifici costruiti in tempi assolutamente lontani tra loro. La capacità di ricondurre un edificio alla propria epoca non deve quindi limitarne l'interpretazione e la capacità di riconoscerlo anche altrove nel tempo e nello spazio. Quanto si sta vedendo potrebbe non essere connesso storicamente o artisticamente all'oggetto di studio, ma potrebbe avere comuni matrici e simili scelte progettuali, diverse negli esiti o nei dettagli, ma paragonabili negli intenti dei progettisti originali. Diventa quindi questa comprensione una possibile chiave per ricreare quella sottile trama di scelte architettoniche che si cerca sempre di ritrovare a supporto di un processo ricostruttivo.

Aspetti relativi alle unità di misura: cubiti, pertiche, braccia, piedi, pollici o pletri od altro ancora (Kula, 1987), si deve sempre tenere presente che una architettura antica non è stata di certo progettata in metri, né che le sue parti costruttive siano state dimensionate secondo unità di misura diverse da quelle in uso nell'epoca della sua costruzione. Si dovrà quindi prestare una estrema cura ed attenzione nell'individuare le appropriate unità di misura per l'architettura che si vuole indagare e ricostruire. Questo al fine di ricomporre appropriate griglie compositive atte a ritrovare i corretti proporzionamenti tra le parti architettoniche di cui si ha ancora evidenza o traccia e le parti mancanti e perdute, quelle per cui sarà necessario ricorrere ad una significativa astrazione. La costruzione di una griglia di proporzioni, una volta definita la sua traccia in base alla giusta unità di misura, ovvero dopo aver individuato un modulo di riferimento che 'funzioni' nella propria architettura, permetterà di individuare le parti mancanti ed ipotizzarle da subito in una forma geometrica prossima al progetto originale o almeno alla sua intuizione. Questa procedura può quindi risultare essenziale nella definizione e nel completamento della ricostruzione, arricchendo al tempo stesso lo stato delle conoscenze sull'oggetto stesso con un contributo propriamente architettonico. Un approccio basato su griglie compositive, con uno schema di lettura delle proporzioni riuscito e con unità di misura ben individuate dovrà comunque prendere in considerazione due principali fattori avversi, ovvero, sia l'eventualità che il progetto originario abbia adottato delle scelte difformi rispetto ad una soluzione rigorosa o canonica, che il fatto che lo sviluppo dell'edificio oggetto di studio si sia articolato in numerosi interventi e rifacimenti, al di fuori di quanto strettamente programmato in uno schema originario. Questi due fattori propri, avversi all'individuazione di schemi compositivi chiari, possono comunque favorire la lettura



Piccole Terme di Villa Adriana, Tivoli. Vista ricostruita dell'interno della sala ottagonata in corso di elaborazione
(Mirco Pucci, Alessandro Blanco, 2009)



del costruito, permettendo il riconoscimento di scelte e fasi, che seppur non strettamente legate al rispetto delle scelte originarie contribuiranno fortemente alla comprensione delle ragioni di quanto giunto nel nostro tempo.

Lo sviluppo di questo schema compositivo corrisponde indubbiamente alla costituzione di una concreta relazione tra il progetto di ricostruzione e il progetto originale, tuttavia chi opera la ricostruzione e sviluppa questa parte della retroprogettazione dovrà fare attenzione a non concedersi una eccessiva frammentarietà nelle scelte di costruzione della griglia modulare che si va a definire. È evidente che riducendo progressivamente il modulo base si arriverà ad una possibile corrispondenza e altrettanto si può ottenere provando le più varie unità di misura. Tuttavia uno schema troppo fitto o l'adozione di unità di misura non correlate al periodo storico o all'area geografica dovrebbero insospettire chi opera la ricostruzione, dovrebbero essere indice di un qualche errore, forse anche di definitiva difformità rispetto a quanto si sta cercando di individuare.

In merito al proporzionamento e allo studio delle matrici progettuali sottese ad un'opera o ad un disegno di architetture dal passato, si suggerisce la lettura del libro *Il Trecento Disegnato* (Ascani, 1997); mentre in merito all'individuazione di schemi geometrici su soggetti di elevata complessità, si suggeriscono le ricerche specifiche sulla Pergamena di Siena (Mandelli, 1983), su Palazzo Vecchio (Bartoli, 2007) e sulla facciata di San Miniato al Monte (Manetti, 1999), un insieme utile alla consultazione di esempi articolati, non necessariamente latori di certezze definitive, ma utili a contribuire alla discussione su scelte geometriche e progettuali di architetture storiche e di altissimo valore storico ed artistico.

Quinto passaggio: sviluppo di un modello ricostruito a partire dalle basi 2D e 3D

Il momento di tuffarsi. La ricostruzione per modellazione geometrica bidimensionale e poi tridimensionale oppure direttamente tridimensionale, una volta composti tutti gli indizi, le scelte, le caratteristiche dipenderà essenzialmente dalle consuetudini degli operatori e dalle finalità del progetto di ricostruzione. Non esistono strumenti di modellazione privilegiati per questo passaggio, ma chi lo compie dovrebbe valutare le caratteristiche dei software in uso in base alla loro versatilità (ovvero capacità di generare forme geometriche complesse con passaggi agevoli), alla loro potenza (ovvero capacità di gestire volumi di dati complessi in grandi quantità senza problemi operativi), possibilità di comunicazione (ovvero di permettere la traduzione di formati diversi, in altre parole la possibilità di importare ed esportare dati da altri software), efficienza rispetto alle finalità previste per il progetto in corso. Gli operatori coinvolti in questo passaggio saranno necessariamente validi esperti nell'uso degli strumenti scelti, non dovranno sentirsi limitati dagli strumenti scelti per quanto devono realizzare. Il modello prodotto dovrà presentare soluzioni efficaci, di facile gestione e di facile trasposizione. Risulterà quindi quanto mai lecito prevedere l'uso di software molteplici, di eseguire i vari passaggi sfruttando per il meglio più programmi. Non si tratta di compiere acrobazie informatiche, ma di ottimizzare un flusso di lavoro che veda nei software gli appropriati programmi per completare e validare il risultato della ricostruzione. Le finalità saranno comunque sempre determinanti, se lo scopo è quello di produrre immagini grafiche, bene orientarsi verso programmi che supportino efficacemente delle uscite di rendering di qualità, se la finalità è quella di produrre modelli fisici, plastici, del modello ricostruito, si dovrebbero scegliere software capaci di compiere le dovute operazioni di ottimizzazione ed esportazione in maniera pratica e senza alterare quanto prodotto. Non esiste quindi una soluzione stabile per questo passaggio, proprio perché le variabili possono essere talmente numerose da poter essere risolte solo caso per caso in base alle competenze e scelte di chi opera questa procedura di ricostruzione.

Sesto passaggio: confronto e analisi con altre competenze, verifiche e variazioni

Questa fase ha una importanza assoluta, il confronto ed il riscontro delle scelte fatte trova qui una prima validazione e un momento fondamentale per la validazione e il perfezionamento del modello in corso di completamento. Si tratta di un processo che può avvenire in varie fasi della definizione del modello ricostruito, sia quando questo è ancora nella sua costruzione per disegni bidimensionali, sia nelle fasi più avanzate della modellazione tridimensionale. Il confronto intorno a quanto viene prodotto è un atto fondamentale di condivisione, indirizzo, verifica e validazione.

Settimo passaggio: definizione del modello finale

In questo passaggio, il risultato sarà ormai prossimo al completamento. Le riflessioni inizieranno quindi ad essere soprattutto orientate alle questioni propriamente tecniche dell'opera digitale in corso di definizione. La scelta degli strumenti con cui operare sarà tutta orientata rispetto alle modalità di finalizzazione che si vogliono ottenere. La scelta di una uscita in video, in tavole grafiche, in realtà virtuali immersive o aumentate porterà in diverse direzioni le soluzioni di completamento. Tuttavia, proprio per la sua natura di fase finale, si tratterà di un momento ancora capace di portare ad alcuni ritocchi e variazioni. La finalizzazione di una architettura virtuale, proprio per il suo momento di riscontro visuale e di ultima contestualizzazione, può essere il luogo in cui rendersi conto di alcuni necessari aggiustamenti: questo rispetto ai traguardi visivi ottenuti nella visualizzazione immersiva nel modello digitale, all'illuminazione e all'applicazione dei materiali delle soluzioni di composizione degli elementi di completamento. La chiusura del progetto potrebbe portare a modeste od anche estese variazioni rispetto a quanto programmato nei precedenti passaggi, ma si tratta di una condizione necessaria e da prevedere, non da vedere come un inconveniente, ma come un'occasione di perfezionamento. La ricostruzione di quanto non esiste e che si andrà a concretare solo in forma virtuale, può beneficiare di questi ulteriori aggiustamenti, che vanno controllati e gestiti in forma opportuna, in modo da rendere il risultato finale ben completo e al massimo della sua completezza rispetto ad un quadro complesso di conoscenza, comprensione, soluzioni tecniche e pratiche.

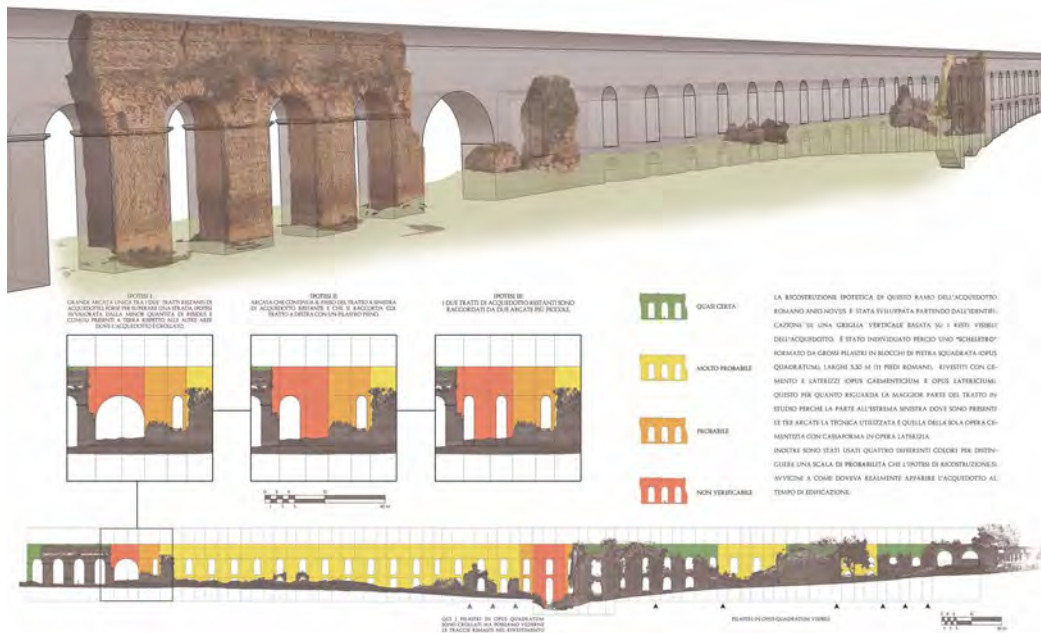
Ottavo passaggio: definizione della forma di presentazione al pubblico

In questa fase si andranno a concretare gli ultimi passaggi ed aggiustamenti del modello virtuale ottenuto nel processo di ricostruzione. La soluzione finale di presentazione imporrà necessariamente delle condizioni: tempi di calcolo, necessarie semplificazioni, una regia opportuna per una sequenza video, una definizione o un'ottimizzazione dell'interfaccia in contesti immersivi, la scelta di elementi apparentemente secondari, ma fortemente incidenti sul risultato finale. Si pensi, per esempio, all'influenza su una sequenza video della base musicale scelta come commento, un brano eccessivamente presente potrebbe risultare inopportuno, ma determinate sequenze potenzialmente suggestive potrebbero viceversa beneficiarne. Starà in genere al gruppo di lavoro che opera la ricostruzione perfezionare, integrare i contenuti ed arricchirli di accessori ed infine valorizzarli. Portandoli verse scelte di comunicazione di vasta distribuzione e capaci di impressionare un pubblico generico rispetto al valore e alle qualità dell'opera appena ricostruita. In tal senso possono risultare di interesse alcune recenti realizzazioni a cura di Francesco Gabellone (Giannotta, Gabellone, Dell'aglio, 2015), impostate a presentare in maniera dinamica e cinematografica a partire da alcune ricostruzioni digitali condotte da basi archeologiche e di rilievo digitale e sviluppate in una logica di presentazione dai tempi serrati e da una intensa cinematografica.

Nono passaggio: sviluppo di modelli analitici e di presentazione secondari

Il modello digitale derivato dalla ricostruzione può essere sfruttato in molteplici modalità oltre che quella per cui è stato indirizzato. A tutti gli effetti il modello appena definito o in una sua versione adattata potrebbe essere impiegato per operazioni di verifica strutturale, di produzione per prototipazione con procedure sottrattive (frese, taglio laser) o additive (stampa 3D), oppure per visualizzazione multimediale diversa rispetto a quanto stabilito nel progetto complessivo in cui rientra. Le molteplici potenzialità del digitale non permettono qui di stabilire regole o procedure standard, ma di certo si dovrebbe sempre considerare una possibilità di sperimentazione e di testing al di fuori del percorso principale, in quanto l'impegno spesso contenuto di questa operazione può portare a risultati interessanti ed anche sorprendenti. Oppure solo a perdere un po' di tempo. Ma comunque in maniera specifica e con la volontà di miglior comprensione ed approfondimento di quanto si è realizzato.

Il modello ottenuto può ovviamente ricevere, tra i trattamenti più semplici, quello della variazione delle texture ad esso applicate, questa possibilità permette di produrre rese fotorealistiche (per matericità della rappresentazione e credibilità dell'illuminazione) oppure non-fotorealistiche (ovvero immagini che richiamando lo stile grafico di un disegno o di un dipinto ne evocano aspetti propri e ben legati al tema rappresentato); oppure permette la



↑
**Ricostruzione
acquedotto
romano
Anio Novus,
Castelmadrada,
Roma, schema
ricostruttivo
analitico**
(Andrea Bellini,
2017)

realizzazione di mappe tematiche, che riportino sul modello informazioni specializzate, come per esempio il livello di approssimazione o il livello di astrazione legato ad ogni parte ricostruita. Un tipo di elaborato importante per la trasmissione ad altri studiosi del valore proprio dell'operazione di ricostruzione. Questo al fine di capire quali parti sono legate ad una assoluta certezza (ovvero ad evidenze archeologiche o a parti ancora esistenti dell'edificio); quali sono dovute ad una ricostruzione basata su disegni, dipinti ed altre rappresentazioni concrete, ma che necessitano interpretazione e trasposizione; quali sono dovute a fonti testuali, da altri studi o da testimonianze d'archivio e che quindi dovranno essere trasposte per similitudine alle strutture esistenti o ad un proprio patrimonio iconografico; quali sono desunte da una interpolazione rispetto all'esistente (ovvero con il ricorso a griglie compositive individuate sulle parti ancora esistenti e quindi estese alle parti mancanti); quali sono frutto di completa immaginazione e che di conseguenza derivano da un semplice paragone con altre architetture e che rispetto a queste risultano mediate e adattate.

Si immagini il disegno del prospetto di un edificio storico, in cui il fronte sia assolutamente ben descritto, ma di cui manchi ogni altro elaborato e di cui non si conosca la destinazione, ovvero né il lotto, né la città per cui è stato pensato. Non sarà un problema

probabilmente ricostruire con estrema cura il prospetto stesso che basandosi su un disegno dettagliato apparirà immediatamente certo e ben leggibile. Ma per la definizione della sua pianta sarà necessaria una certa astrazione, i punti saldi ed evidenti saranno la posizione delle aperture, la dimensione del fronte, ma poco altro potrà essere utilizzato, il numero dei vani e la loro estensione e geometria deriveranno in misura maggiore dall'intuizione di chi opera la ricostruzione che da una certezza oggettiva; per il prospetto posteriore, ammesso che se ne possa ipotizzare uno, il livello di incertezza aumenterà al massimo, in questo caso si potrà solo far riferimento ad altre opere e a tipologie simili, nessun fattore ulteriore permetterà la verifica della concretezza delle scelte fatte in questa operazione. Di conseguenza l'edificio ricostruito potrebbe avere tre colorazioni differenti per le sue tre diverse sessioni di ricostruzione, tali da rendere evidente il livello delle certezze e quindi definire un elaborato onesto, chiaro, utile a trasmettere ad altri studiosi l'entità effettiva dell'accuratezza della ricostruzione così completata.

Nell'efficacia complessiva di un processo di ricostruzione digitale la produzione di elaborati non direttamente orientati a produrre verifiche e variazioni negli esiti e al contrario solamente orientati a fissare una descrizione delle procedure e delle modalità con cui si è giunti alla ricostruzione stessa, potrebbe sembrare un extra non fondamentale; infatti molte operazioni fatte con il principale obiettivo di sorprendere con forme essenzialmente spettacolari i successivi fruitori della ricostruzione possono avere minimo o modesto interesse in questo passaggio. Ma tutte le operazioni che hanno intenzione di definire 'scientifico' il risultato conseguito non possono sottrarsi alla redazione di un elaborato che faccia da mappa delle operazioni condotte o che comunque trasmetta in forma chiara i livelli di approssimazione ottenuti nelle varie parti di quanto ricostruito (Apollonio, 2016). Si tratta di una modalità di procedere ben previsto dai principali documenti che hanno cercato di definire regole comuni per la ricostruzione digitale, come la Carta di Siviglia (www.arqueologiavirtual.com, 2011) successivamente confluita nel London Charter (www.londoncharter.org, 2009).

Decimo passaggio: divulgazione e disseminazione

Si tratta dell'ultimo passaggio ed ovviamente si tratta di un momento di estrema importanza, con il concretarsi della divulgazione, quanto realizzato viene portato ad un pubblico ampio, composto di studiosi, di visitatori o turisti, di entusiasti delle tematiche trattate, di studenti ed utenti occasionali. Da questi può sempre essere possibile un utile riscontro, un feedback percettivo e visivo, una misura del riscontro e della riuscita divulgativa di quanto prodotto che sarebbe un peccato non sfruttare.

Questo non sempre è una fase accuratamente programmata, molto spesso il risultato finale

viene visto come punto di arrivo della ricostruzione, ma un graduale e progressivo miglioramento in questa fase è sempre possibile. Saranno di estrema influenza i media scelti per la diffusione, che dovranno essere individuati in forma appropriata sia che si tratti di un elaborato destinato alla presentazione online (ovvero fruibile pressoché da una qualunque dispositivo connesso alla rete Internet) oppure onsite (ovvero fruibile in modo specifico solo sul luogo stabilito di una installazione, in genere un museo, esposizione temporanea o sito archeologico, sia con dispositivi personali o con apposite installazioni). In tutti i casi può essere sempre opportuno avere la possibilità di aggiornamento e perfezionamento. Questo anche in virtù della sensibile e necessaria possibilità di aggiornamento sia dei contenuti che delle soluzioni tecniche di presentazione.

Caso di studio 0

Il Campanile di Giotto a Firenze





**Il Campanile
della
Cattedrale di
Santa Maria
del Fiore,
Firenze,
detto
'Campanile
di Giotto'**

Questo caso di studio può essere considerato come 'zero' perché non presenta una fase completa di modellazione 3D, ma mostra come una procedura di ragionamento per 'progettazione inversa' possa funzionare per aiutare l'interpretazione del progetto originale.

Come tutte le architetture sviluppate in tempi antichi e secondo un periodo di tempo piuttosto esteso, la torre campanaria della cattedrale di Firenze detta comunemente 'Campanile di Giotto', non è riconducibile ad un unico progetto, non è il risultato di un processo unitario, è invece un'opera pregevole dovuta al susseguirsi di interventi di completamento spinti dalla volontà di concludere il necessario campanile per il Duomo dei fiorentini, mantenendo scelte coerenti, ma adattando le varie fasi del lungo cantiere a orientamenti diversi. Come è ben noto, la torre della cattedrale fiorentina fu inizialmente opera di Giotto di Bondone, artista di grande importanza, e qui operante come architetto. Tuttavia, la morte di Giotto accade mentre il cantiere del campanile era ancora nelle sue fasi iniziali, con una gran parte del basamento appena completato, ma con l'intera costruzione ancora lontana dall'ergersi completamente. Il diciannove luglio 1334 (Tomei, 1998) veniva dato l'avvio al cantiere del campanile, secondo il progetto di Giotto, che all'epoca conduceva i lavori della nuova cattedrale, in un contesto di trasformazioni in cui si vedeva emergere l'immane mole della nuova cattedrale sulla chiesa originale di Santa Reparata. Il nuovo campanile andava ad essere eretto in luogo di quello precedente, distrutto da un incendio nel 1333. La circostanza della distruzione del campanile nel viene così riportata:

(17 luglio) Giotto, secondo la comune asserzione, da principio al nuovo campanile di Santa Maria del Fiore, perciocché il vecchio era stato distrutto da un incendio nel gennajo del 1333.
(Reumont d'Aquisgrana, 1841)

L'incendio della torre è ricordato anche nella Nuova Cronica di Giovanni Villani:

E a dì XXVI di gennaio di mezzodì s'apprese fuoco contra il campanile vecchio di Santa Reparata da la via di Balla, e arse una casa.

La testimonianza dell'inizio dell'opera del nuovo campanile è documentata nelle cronache dovute ad Antonio Pucci, che riportano:

a dì dicenove di Luglio / della chiesa maggiore il campanile / fondato fu, rompendo ogni cepuglio, / per mastro Giotto, dipintor sottile, / il qual condusse tanto il lavorio / che' primi tagli fe con bello stile.

Nel Centiloquio, da cui è tratto il passo, Antonio Pucci si basa in buona parte sulla Nuova Cronica di Giovanni Villani, che circa la fondazione riporta:

Nel detto, anno a dì XVIII di luglio, si cominciò a fondare il campanile nuovo di Santa Reparata, di costa a la faccia della chiesa in su la piazza di Santo Giovanni. [...] fecesi il fondamento infino all'acqua tutto sodo; e soprastante e proveditore della detta opera di Santa Liperata fue fatto per lo Comune maestro Giotto nostro cittadino, il più sovrano maestro stato in dipintura che-ssi trovasse al suo tempo, e quelli che più trasse ogni figura e atti al naturale; e fulli dato salario dal Comune per remunerazione della sua virtù e bontà.

La testimonianza del Pucci risale al 1373, data ben successiva alla morte di Giotto stesso, avvenuta nel 1337. A seguito di questo evento la direzione dei lavori passa prima ad Andrea da Pontedera, detto Andrea Pisano, che quasi sicuramente prosegue nella messa in opera del progetto originale del campanile eseguendone un ulteriore e significativa parte, in continuità compositiva con le parti già realizzate, che completa la torre fin quasi all'altezza della linea di gronda della navata laterale della cattedrale. La sua opera continua qui fino al 1348. Il cantiere passa quindi a Francesco Talenti, che ne cura il completamento entro il 1359, introducendo un proprio nuovo progetto, armonico, ma visibilmente diversamente caratterizzato rispetto alle due fasi precedenti.

Oggi la torre di Santa Maria del Fiore si presenta nel paesaggio fiorentino con estrema decisione, al pari della cupola sottolinea e accentua il grande momento 'fuori scala' della cattedrale, presentando un'assoluta simmetria che ripropone il medesimo prospetto in tutte le direzioni rendendo il 'campanile di Giotto' un punto di riferimento sempre immutato. Il duomo ha continuato a trasformarsi e a completarsi in una forma omogenea nella misura in cui i molti progettisti la hanno ritenuta consona al monumento, ma al tempo stesso hanno introdotto trasformazioni al di là dell'idea originale di chi lo aveva avviato e poi proseguito: dalle prime opere murarie dell'inizio del XIV secolo alla facciata del XIX secolo, alla sua condizione di opera terminata per il nostro tempo, ma ancora 'incompleta', in virtù della mancanza di una buona parte del rivestimento della fascia di imposta della cupola. In questo senso il campanile non si differenzia dal complesso, costituendo, una adeguata premessa alla logica di sviluppo della cattedrale, con una vivace discussione in buona parte ancora irrisolta circa la natura del progetto originario di Giotto e la corretta

valutazione del risultato conseguito secondo il maggior contributo di Francesco Talenti. Se poi le trasformazioni di Santa Maria del Fiore sono impressionanti per la varietà e per l'uniformità del risultato complessivo, al tempo stesso l'intorno urbano non è stato certo da meno, in special modo, la trasformazione ottocentesca degli isolati posti ad Ovest del complesso, ha indotto una mutazione significativa nella percezione della cattedrale per chi la raggiunge da quel lato. Infatti, originariamente il denso tessuto urbano di quella parte, non permetteva di raggiungere piazza del Duomo con ampi scorci, e l'edificio che affacciava verso il battistero chiudeva completamente la strada e permetteva l'accesso attraverso una ampia copertura arcuata — la volta dei Pecori — che dava accesso alla vista del monumento che emergeva, quasi improvvisamente e di certo con grande impatto visivo al di fuori di un contesto di ben più contenute proporzioni. Nonostante questo effetto sia ancora in parte presente, per via dell'estrema complessità e dimensione della cattedrale, di certo risulta ridotto dall'ampliamento delle strade, dal diradamento del tessuto urbano e dalla presenza di molti spazi aperti e di edifici caratterizzati da proporzioni sovradimensionate. Quindi, la percezione a distanza ravvicinata del campanile risulta comunque trasformata, la torre è diventata ben visibile per buona parte del percorso di via dell'Olio e per chi giunge da via dell'Arcivescovo l'arrivo in piazza ha perso ogni effetto di sorpresa indotta dal repentino mutare della proporzione degli spazi.

Tomando alla torre, questa può essere attribuita all'opera di Giotto solo per quel che riguarda la parte basamentale, composta e ripartita per accogliere il ciclo delle formelle sulle attività umane, composizione originale nel suo genere, esaltazione delle virtù del lavoro quale principale componente della crescita di Firenze (Carloti, Cattolico, 2001).

Se Andrea Pisano decide di proseguire l'opera continuando il progetto di Giotto, tuttavia la sua conduzione, si protrae con una certa lentezza e il cantiere vede lunghi periodi di scarsa attività, così che nel 1348, con il completamento del terzo livello del campanile, la conduzione dei lavori passa a Francesco Talenti, che introduce un nuovo progetto, che prevede la conclusione della torre secondo una soluzione significativamente diversa dalle indicazioni di Giotto. Il nuovo progetto verrà quindi proseguito fino alla conclusione della copertura, avvenuta nel 1359. Il campanile realizzato è quindi una summa di tre fasi principali: il progetto iniziale di Giotto, la successiva interpretazione di questo da parte di Andrea Pisano e il cambiamento introdotto da Francesco Talenti. Il campanile presenta in effetti sia continuità — nei materiali, negli elementi verticali mai interrotti — che contrasto, soprattutto nella parte in cui l'aprirsi delle prime due grandi bifore segnala e sottolinea il repentino cambiamento dell'intento compositivo come sembra evidenziare l'alta fascia di ricorsi di marmi bicromi posti al di sopra dell'ultima serie di nicchie.



Due esempi di campanili gotici 'germanici': la Wiesenkirche di Soest (Wayne Huebner, 1958) e la cattedrale di Friburgo (Stefano Boscaro, 1982)

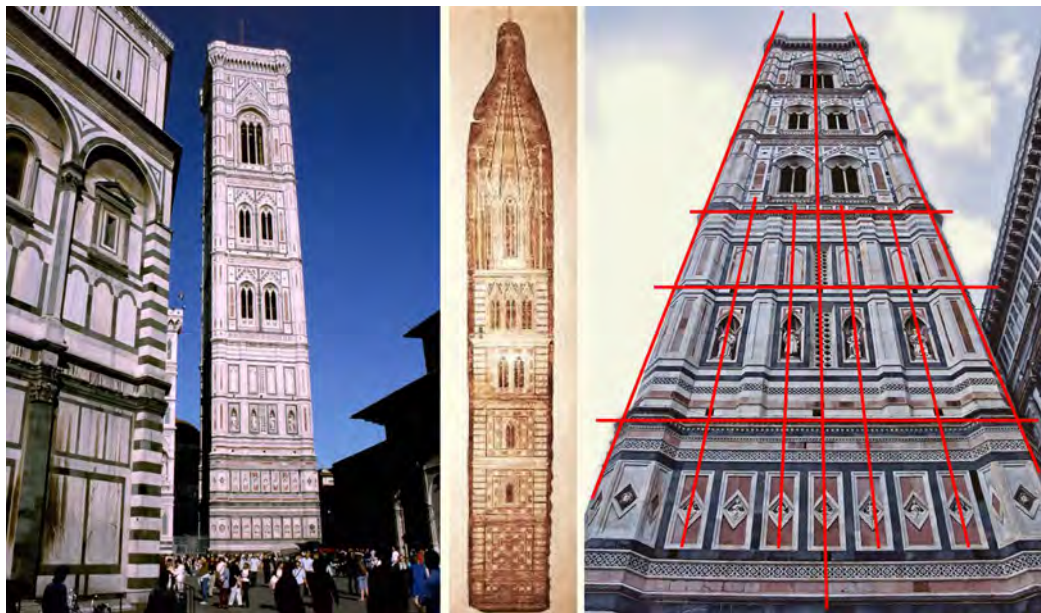
Secondo Cesare Guasti (Guasti, 1887) l'intento di Giotto, dal momento della sua nomina a direttore del cantiere della cattedrale, è quello di lasciare un segno tangibile in Firenze, una torre imponente, a confrontarsi con la torre civile di Palazzo Vecchio, punto di massima altezza della città e indubbiamente la sua indicazione risulta quanto mai plausibile (Currier, 1994). Su quali fossero le caratteristiche della torre come originariamente pensata e progettata non si possono che fare delle ipotesi. A sostegno della teoria di una torre altissima e svettante, risulta estremamente interessante l'indicazione data di Giorgio Vasari, che ne *le vite* riporta:

essendo mancato di vita Arnolfo Todesco, capo di quella fabrica, e desiderando gli operai di quella chiesa, e la Signoria di quella città, che si facesse il campanile, Giotto ne fece fare co' l' suo disegno un modello di quella maniera tedesca che in quel tempo si usava, e per averlo egli ben considerato, inoltre disegnò tutte le storie che andavano per ornamento in quella

opera. E così scomparti di colori bianchi, rossi e neri in sul modello, tutti que' luoghi dove avevano andare le pietre et i fregi, con grandissima diligenza, et ordinò che 'l circuito da basso fussi in giro di larghezza de braccia 100, ciò è braccia 25 per ciascuna faccia e l'altezza braccia 144; nella quale opera fu messo mano l'anno MCCCXXXIII e seguitata del continuo, ma non sí che Giotto la potessi veder finita, interponendosi la morte sua. (Vasari, 1550)

La versione di un campanile "Todesco", ovvero secondo le matrici del Gotico d'oltralpe, è indubbiamente affascinante, a suo sostegno, alla fine del XIX secolo, è stata chiamata in causa la *Pergamena Senese*, un'opera di grandi dimensioni, di oltre due metri di sviluppo, conservata presso l'Opera della Duomo di Siena e raffigurante il fronte di una alta torre campanaria; la divulgazione di quest'opera e la sua prima attribuzione a Giotto sono dovute ad Aristide Nardini Despotti Mospignotti (Nardini Despotti Mospignotti, 1885). La pergamena, oltre che oggetto di vivace discussione sulla propria consistenza come vera testimonianza del progetto originale, è stata anche oggetto di ulteriore disputa, quando Robin Evans (Evans, 1997), l'ha chiamata in causa come primo esempio di rappresentazione ortografica. La pergamena può essere ritenuta attribuibile alla bottega giottesca, ma presenta comunque due principali interpretazioni: una che la vuole come opera di Giotto o copia derivante da un suo disegno, ma comunque matrice originale della torre di Santa Maria del Fiore; ed una seconda che la ritiene invece legata al campanile fiorentino solo come una rilettura del progetto originale, utilizzato forse come base per una proposta di torre campanaria per il Duomo di Siena, disegnata, ma mai passata in fase esecutiva. La corrispondenza della fascia basamentale rappresentata nel disegno della pergamena senese con la parte effettivamente realizzata sotto la conduzione di Giotto è evidentissima, ma via via che la torre si innalza le differenze sono sempre più accentuate fino alla soluzione della cella terminale, visibilmente ottagonale, con la copertura a cuspide ornata da fiori rampanti lungo le nervature, una soluzione simile a quelle individuabili nella cattedrale di Friburgo e nella Wiesenkirche di Soest. Le analisi grafiche condotte sul disegno della pergamena (Mandelli, 1983) portano conferme interessanti sulla volontà progettuale sottesa al disegno stesso e indicano la struttura compositiva secondo cui il basamento si sarebbe dovuto andare ad integrare con i piani superiori e la grande cuspide di terminazione. Questi studi, portano Emma Mandelli a concludere:

è la matrice geometrica che sottolinea tutta la costruzione della torre campanaria, dai riferimenti planimetrici di griglia, misura o rapporto, alla gabbia spaziale esattamente controllata. La geometria in questo caso non ha creato lo spazio, ma ha determinato la composizione dell'architettura in termini semplici e ancora legati alle soluzioni formali del periodo precedente. La sintesi degli elementi aggregati è controllata e applicata in maniera chiara, con possibilità di verifica geometrica attraverso le leggi note. La tendenza della progettazione non si esaurisce nell'uso empirico della geometria, ma sembra diventare una vera speculazione teorica.



Il Campanile di Santa Maria del Fiore e la Pergamena Senese, parallelo e schema delle linee di fuga: dalla base di Giotto al progetto di Francesco Talenti

Al di là delle ipotesi di attribuzione della pergamena, si possono fare alcune considerazioni inerenti l'aspetto architettonico e progettuale del campanile di Santa Maria del Fiore; prima tra tutte una circa le caratteristiche stesse dell'opera di Giotto, che realizzando la parte basamentale del campanile sceglie di inserirvi un ciclo di formelle dedicate alle attività umane, con una intenzione simbolica ben riconoscibile, infatti, come ben messo in evidenza da Mariella Carlotti e Mariapia Cattolico:

Nel ciclo del lavoro la città di Firenze vanta la ragione del suo successo, che non deriva da una tradizione gloriosa o da una ricchezza legata alla terra, ma scaturisce da quelle attività imprenditoriali cittadine, sorte per l'opera laboriosa dei suoi abitanti. È il lavoro dell'uomo, come partecipazione alla creatività di Dio. (Carlotti, Cattolico, 2001)

L'opera di Giotto in pittura e scultura porta in sé una caratteristica fortemente innovativa, quella di una estrema sensibilità verso la trasposizione nelle rappresentazioni del divino degli aspetti umani reali e concreti, dalle posture, agli atteggiamenti, alle ambientazioni. Questa sensibilità nel cogliere la realtà umana come parte dell'insieme divino potrebbe trovarsi anche nella sua maggiore architettura, si potrebbe ipotizzare una torre con base dedicata alla celebrazione delle attività umane, con i livelli successivi dedicati a mostrare la trasfigurazione progressiva dal terreno al celeste. In parte questa soluzione è effettivamente presente nel campanile di Santa Maria del Fiore, almeno per le parti

pagina a fronte
Il basamento del campanile con i primi due ordini di formelle



eseguite da Giotto e seguite da Andrea Pisano. In questa ipotesi, la terminazione a cuspidè risulta quanto mai ben collocata, con un valore simbolico finale di ascensione e passaggio definitivo a valori ultraterreni. Non si sarebbe quindi trattato tanto di una emulazione di aspetti ‘todeschi’, ma di una loro reinterpretazione finalizzata al completamento di un quadro compositivo di ricco valore simbolico. La pergamena senese, quale che sia la sua reale paternità presenta una architettura nella quale possono essere ravvisate delle affinità stilistiche con la produzione pittorica di Giotto, ma di certo in nessuna sua opera sono presenti architetture caratterizzate dal linguaggio gotico più ardito, fatta eccezione per le rappresentazioni di alcuni tabernacoli ed altre opere più legate ad aspetti scultorei che con architettonici. Quindi è ragionevole ipotizzare la presenza nel disegno di Giotto — specie se questo non è la

pergamena di Siena — di una architettura che rilegge determinate soluzioni del gotico, ma li rilegge con la finalità di assolvere a compiti pienamente simbolici.

Questa lettura è quindi in pieno un processo di ‘progettazione inversa’, si rilegge a ritroso, interpretando il linguaggio dell’autore, cercando la corretta intuizione, che seppur non pienamente confermabile da evidenze documentabili, completa il mosaico degli indizi in maniera coerente e credibile. Soprattutto completa, in maniera utile alla comprensione del linguaggio del suo autore, una sua opera incompiuta attraverso gli indizi e bilanciando le evidenze con elementi appena percepibili, li coglie e compone in una idea unica basata su quelle che si possono ritenere spunti presenti nella volontà dell’artista-architetto, mantenendolo il più possibile nel quadro di idee e convinzioni della sua epoca, evitando di trasporlo ad una linea di pensiero troppo contemporanea.

L’aspetto ormai abituale, e quindi difficilmente superabile con una astrazione della torre della cattedrale è quello ben noto progettato da Talenti: la parte terminale della torre è dovuto ad una scelta spesso indicata come ‘provvisoria’, di certo gli archivi del cantiere e le testimonianze dell’epoca mostrano una intenzione di concludere celermente l’opera del campanile, con provvedimenti che vanno dal prevedere il lavoro a cottimo al divieto per gli operai dell’Opera del Duomo di accettare e praticare altri lavori al di fuori del cantiere della cattedrale. E se l’indicazione di Giotto, per una copertura cuspidata c’era ed era stata probabilmente tenuta presente da Andrea Pisano, per Francesco Talenti le intenzioni passano ad essere tutt’altre, ma a pochi anni dalla conclusione del campanile, una decisione definitiva sulla copertura della torre non era ancora stata presa, e nelle Ricordanze del 1353 del Provveditore Filippo Marsili, Archivio dell’Opera di Santa Maria del Fiore, viene riportato:

Di XIIIJ d’aghosto 1353 / Di far fare il disegnameto del campanile, e in che modo. / Fallo fare di legniamie. (Gurrieri, 1994)

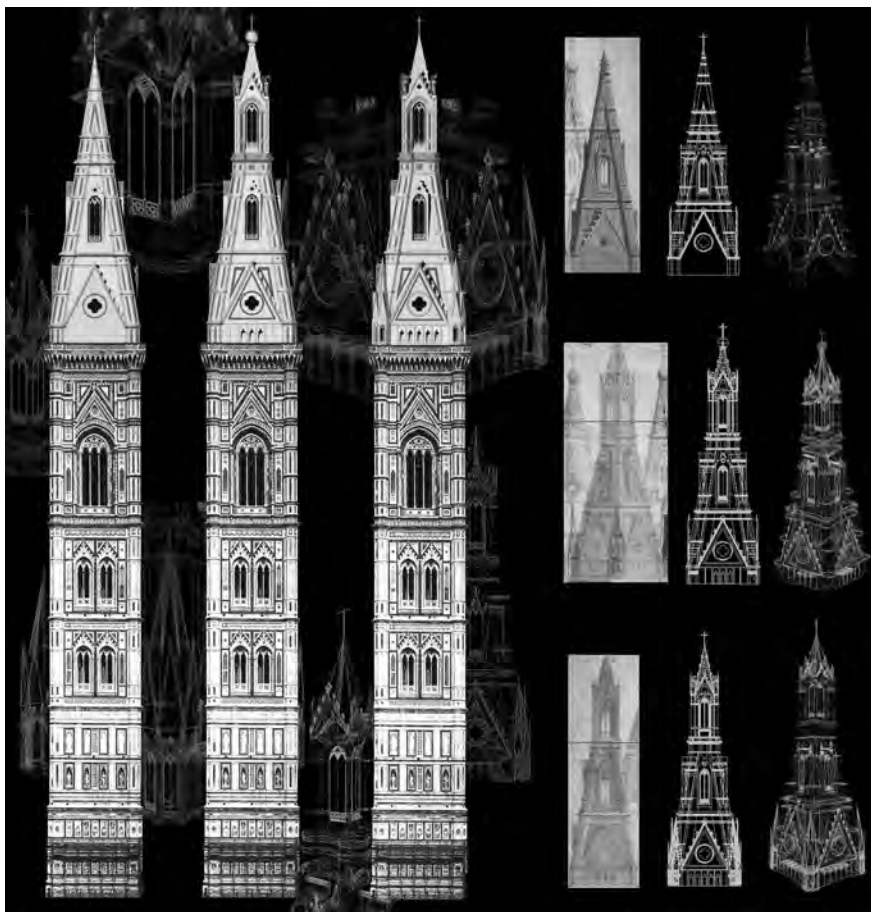
Quella attuata, infine, nel 1359 rappresenta una scelta indubbiamente originale, con una soluzione di copertura che prevede la possibilità di veduta panoramica con una possibilità di accesso e di fruizione superiore a qualunque altro campanile, offrendo una funzione non meramente funzionale all’accesso per ispezione agli ultimi piani; se si pensa ai campanili esistenti in Firenze al momento del compimento della torre di Santa Maria del Fiore, nessuno di questi permetteva un accesso agevole alla propria copertura, adottando soluzioni accettabili solo in ragione di una ispezione saltuaria. Una conseguenza inevitabile delle soluzioni cuspidate, ma di fatto evitata per la conclusione dell’opera di Talenti.

Considerare il campanile di Giotto concluso con una terrazza e una semplice copertura a falde celata dal parapetto traforato stabilisce probabilmente la compiutezza del progetto di Francesco Talenti, un progettista per altro fautore del rinnovamento della soluzione planimetrica dell'intera cattedrale e di altre opere significative nella Firenze del XIV secolo. L'altezza complessiva del campanile compiuto nel 1359 è di quasi ottantacinque metri che, se raffrontata con l'indicazione di Giorgio Vasari risulta leggermente più alta dei circa ottantatré metri della torre prevista da Giotto. In merito va notato che l'analisi grafica della pergamena senese riporta una altezza totale della torre di centosessantotto braccia, oltre novantasette metri, in difformità rispetto all'indicazione del Vasari. Ma il valore dell'opera condotta da Talenti pone una questione forse ancora più complessa, legata in parte alla trasformazione culturale del periodo, che contrappone due differenti ordini di scelte, le prime, operate da Giotto, con buona probabilità legate ad un valore simbolico della torre, e le seconde, operate da Talenti, legate a scelte pratiche e stilistiche che preferiscono alla volontà simbolica la coerenza delle scelte, improntando il campanile in una forma che contiene a pieno la rilettura del gotico in forme originali che assieme al rifiuto di questo linguaggio contengono forme alternative ricche e non di ripiego su soluzioni passate.

Di fatto la completezza della torre non viene più messa in discussione per alcuni secoli, fino alla riapertura del dibattito sulle caratteristiche originali della torre, avviato, come già ricordato, da Aristide Nardini Despotti Mospignotti. Il complesso rinnovamento del centro di Firenze nella seconda metà del XVIII secolo porta con sé una vasta serie di restauri e rinnovamenti delle architetture storiche, la facciata del Duomo, quella di Santa Croce, il restauro di San Miniato al Monte e le demolizioni delle mura e del ghetto ebraico costituiscono un cantiere senza confronti per la città. Nel fervore della fine del secolo molti autori si trovano ad operare nel costruito e sul monumentale, spesso mostrando una serena tranquillità nel demolire, trasformare e rivestire quanto per secoli era rimasto incompiuto. In questa foga di rinnovamento e completamento, per lo più improntata ad una 'unità di stile', Emilio Marcucci, laureato in botanica, ma Regio Ispettore agli Scavi prima della provincia di Arezzo e poi di quella di Firenze, avanza un progetto eclettico per il completamento con una cuspide del campanile di Giotto. Si tratta di un progetto abbinato alla proposta avanzata da Marcucci per una facciata tricuspidata per Santa Maria del Fiore, una proposta improntata secondo il "diritto alla ricostruzione o al completamento in base a presunte analogie stilistiche" (B. Gallina, L. Giorgi, L. Gromeneda, S. Silvuni, V. Tanini, Emilio Marcucci, *Dilettante in Architettura*, 1973), dove, secondo l'intendimento di Marcucci il campanile viene riportato in una forma corretta a sostenere l'ipotesi stessa della facciata da lui progettata. Il progetto della facciata, eseguito nel 1865-1867 che precede comunque il dibattito sull'attribuzione della



**Proposte
ottocentesche di
'completamento'
per il campanile
di Giotto,**
ricostruzione
digitale dal
progetto di Emilio
Marcucci (Sara
Menicucci e
Mimma Morelli,
2003)



pergamena senese del 1885, include anche l'ipotetico 'completamento' del campanile. Questo è ben documentato da una tavola che presenta i prospetti con diverse soluzioni formali, tra queste risultano prevalenti due ipotesi: una costituita da una 'semplice' cuspide ed una con cuspide sormontata da una lanterna traforata da finestre bifore. Esistono anche altri progetti che prevedono una revisione della terminazione del campanile combinata all'esecuzione della facciata, come per esempio quello redatto da Giovan Battista Silvestri; si tratta comunque di una proposta di minor complessità che per il campanile ipotizza una semplice copertura piramidale e quattro pennacchi, ugualmente piramidali, posti agli angoli.

La cosa più sconcertante della proposta è l'indicazione della giustapposizione del completamento sull'esistente, indicato nel disegno con la disposizione di quattro pennacchi cuspidati agli spigoli e la partenza della base della dal perimetro esterno del parapetto

*pagina a fronte
pseudo-foto
d'epoca con la
ricostruzione
digitale di
completamento
ottocentesco
applicato al
campanile di
Giotto*

(Sara Menicucci e
Mimma Morelli,
2003)



della terrazza. Emilio Marcucci non era certo nuovo alla pratica del progetto di completamento 'in stile', anche se impiegato con soluzioni basate su teorie originali e in buona parte contrarie alle indicazioni accademiche e comunemente applicate dai suoi contemporanei. La proposta però non godette di alcuna fortuna e non fu mai presa in considerazione per la realizzazione. Tuttavia, ipotizzare e simulare la sua avvenuta realizzazione può risultare un esercizio interessante per mettere alla prova la capacità di accettare una forma simile nello skyline di Firenze e per valutarne il risultato di combinazione con il campanile. Sviluppando un modello tridimensionale digitale basato sulle indicazioni dei progetti di Marcucci e componendolo su foto dello stato attuale della cattedrale, si nota immediatamente che le cuspidi mal si legano con la torre, non solo perché apportano una trasformazione sconcertante nel panorama e nei rapporti con le masse della cattedrale, ma risultano terribilmente pesanti rispetto alla struttura del progetto di Talenti. L'altezza spregiudicata di

tutte le soluzioni del progetto comporta poi un completo 'fuori scala' rispetto alla torre sottostante, dove la grande finestra trilobata dell'ultimo piano risulta come un elemento indebolito rispetto alle massicce cuspidi che la sormontano. In questo caso, la ricostruzione digitale del modello permette di cogliere le difficoltà compositive e di risoluzione degli innesti, mostrando la sommarietà della proposta, ma al tempo stesso individuandone ancora di più la semplice natura di esercizio di stile, di soluzione quasi 'provocatoria' e non studiata per un compimento stilistico quanto per dar seguito ad una intuizione che tenta di mettere un 'berretto' goticeggiante e definitivamente eclettico all'opera di Talenti che invece si è mostrata capace di dare una interpretazione originale ed una specifica declinazione al linguaggio gotico.

Al di là del goffo risultato, il progetto di Emilio Marcucci, risulta quindi quanto mai utile nel confermare la reale completezza del progetto di Francesco Talenti, che si innesta sul processo compositivo di matrice giottesca, ma che non può essere riportato a forme cuspidate senza una sua trasformazione, una riplasmatura della pietra e della forma in quanto l'intervento che conclude la torre stabilisce nelle proprie forme la più adeguata combinazione di elementi e di rapporti dimensionali con la propria cattedrale.

Caso di studio 1
Due campanili
per Santa Croce, Firenze





**Polaroid
della
facciata
ottocentesca
della
Basilica di
Santa Croce,
opera di
N. Matas,
sul retro il
campanile,
anch'esso
ottocentesco,
opera di
G. Baccani**

Oggi la Basilica di Santa Croce, si presenta in forma di una chiesa monumentale e completa, opera di più secoli e che ha visto significative opere di completamento operate nel XIX secolo. La facciata e il campanile su tutto, ma anche alcune opere di 'adattamento' in stile che hanno portato a demolizioni e rimozioni di parti che testimoniavano architetture incompiute o comunque non ritenute consone all'aspetto 'restaurato' che in quel tempo si voleva per questa chiesa. Tra le parti oggetto di questa vicenda anche le rimanenze di due campanili che avendo avuto una sfortunata vicenda costruttiva, risultavano ormai di scarso interesse.

Il primo campanile

Originariamente la chiesa di Santa Croce aveva un suo primo campanile, di cui si ignora la data di realizzazione, che doveva essere ubicato in corrispondenza dell'incrocio del transetto, accanto alla cappella Maggiore, sul lato meridionale. Con molta probabilità si trattava di un campanile in parte integrato nella muratura della chiesa e in parte sopraelevato.

L'accesso alla torre avveniva attraverso il sistema di scale esterne e passaggi aerei che a tutt'oggi è possibile osservare all'interno e all'esterno della basilica.

Per quanto riguarda le sue dimensioni e il suo aspetto non si può fare altro che ricorrere ad una serie di congetture relative al confronto con iconografie dell'epoca e analoghi campanili tuttora esistenti. Il fabbricato originale, infatti, crollò il 14 luglio 1512 verso le nove di sera. L'evento è documentato nelle cronache dell'epoca in maniera dettagliata:

A dì 14 del detto luglio, circa a ore ventuna, cadde in sul campanile di Santa Croce, qui di Firenze, una saetta, e veramente fu un grande nodo di vento che fè cadere detto campanile in sul tetto della chiesa e fè rovinare sette cavalletti di modo che coperse tutto il coro e tutto lo fracassò e ruppe; e guastà tutto lo smalto e le scalee sotto l'Altare Maggiore e sfondorno sepolture, et insomma fu rovina grandissima, e fu un danno di più ventimila fiorini. (Landucci, 1883)

Il temporale causa del crollo, imperversava dalle quattro del pomeriggio e fenomeni disastrosi si erano verificati anche in altre parti della città, come alla Porta al Prato, che colpita da un fulmine, riporta il distacco di uno degli scudi in pietra di ornamento (Landucci, 1883).

Comunque non si tratta d'altro che del colpo di grazia alla struttura che risultava pericolante già da oltre cinquant'anni.

questo campanile, fino dal 1462 minacciava rovina; il comune lo sapeva, i frati se ne affliggevano, ma non pare che ai bisogni susseguissero immediati i rimedi; forse vi si fece qualche ristauo, forse non si credè alla imminenza del pericolo. (Moisé, 1845)

Il crollo provoca ingenti danni, la torre campanaria, colpita dai fulmini e sotto la spinta del vento, si abbatte sopra la copertura della navata centrale facendo crollare sette capriate che assieme al manto di copertura e alle rovine dello stesso campanile cadono al suolo sfondando la pavimentazione, scoperchiando le sepolture che in essa avevano trovato posto e danneggiando l'apparato del coro, dove, secondo indicazione di Giuseppe Richa:

ruppe il coro dé Frati, il quale era di legname di noce intagliato, una cosa bella, antica, fatta di mano di Manno dé Cori, che l'avevano fatto gli Alberti. (Richa, 1754)

A seguito di questo disastro il Comune di Firenze si accolla la spesa occorrente a riparare i danni, e di tale finanziamento si trova traccia nell'Archivio Diplomatico (Moisé, 1845); tuttavia oltre a riparare i danni nulla si fa nell'immediato per ripristinare la torre campanaria.

Va comunque detto che l'intervento di ricostruzione è alquanto celere, infatti secondo le cronache fiorentine di Cavallucci, il 22 settembre successivo al crollo, viene issata in opera la prima delle capriate cadute, il 24 dello stesso mese la seconda e a seguire tutte le altre, finché il 4 novembre le opere di ripristino della copertura sono portate a termine (Cavallucci, 1873).

Per provocare un simile danno il campanile non poteva certo essere di piccole dimensioni; a sostegno di tale ipotesi, non essendoci una documentazione diretta del manufatto, ci si può rifare a quanto illustrato nella Veduta della Catena, ovvero all'opera *Fiorenza* (detta veduta 'berlinese' o 'della Catena', che deve questo nome alla cornice con il motivo di una catena che corre a margine della rappresentazione), datata 472, e conservata nel Kùpfersstichkabinett, a Berlino; una vista della città di Firenze che ne rappresenta un'ampia veduta così come questa si presentava alla fine del XV secolo (Ruschi, 1986). Come pure l'analoga Veduta di Firenze del 1480 nella collezione Bier, Londra; di autore anonimo, attribuibile a Francesco di Lorenzo Rosselli (Gregori, Blasio, 1994). Entrambe le opere sono consultabili in riproduzione fotografica presso l'Archivio Alinari di Firenze.

Per entrambe le rappresentazioni della città, in corrispondenza della Basilica di Santa Croce, viene rappresentato un campanile cuspidato che si innalza di una misura

leggermente superiore a quella di tutta la propria cella campanaria, al di sopra della copertura della navata centrale.

Facendo affidamento su quanto rappresentato in quei dipinti, il campanile si sarebbe dovuto trovare in asse con la Cappella Maggiore, apparentemente forse anche al di sopra di questa. Tuttavia i resti della torre sopravvissuti al crollo, di cui si trova testimonianza in numerose stampe, non confermano tale posizione, anche se le vedute derivate dalla Carta della Catena posizionano il campanile sull'asse della navata centrale.

Per valutare le dimensioni del primo campanile può essere d'aiuto sapere che questo sosteneva una campana del peso di 2.800 libbre (circa una tonnellata e mezzo), che cadendo al suolo si spezzò e venne più tardi fusa nuovamente per la realizzazione delle campane usate nel campanile 'di rimpiazzo' (Moisé, 1845).

La presenza di un'unica campana sarebbe poi confermata anche da Iacopo Nardi, che nelle sue Istorie della città di Firenze, riporta:

il quale campanile con una sola campana grossa che sosteneva rovinando fracassò e distrusse una gran parte del tetto di detta chiesa. (Nardi, 1842)

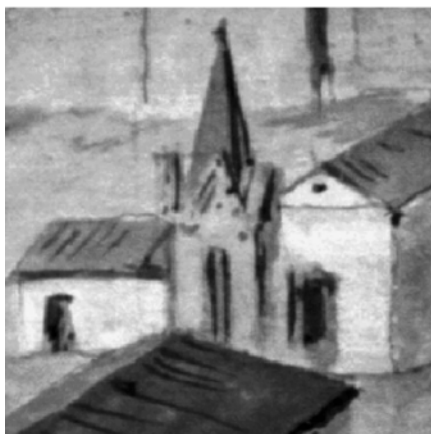
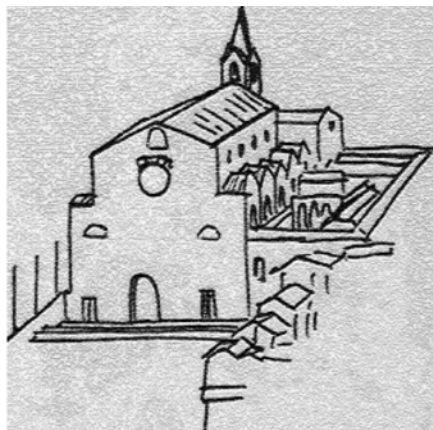
Questa campana aveva dunque una misura e un peso di tutto rispetto, tale da fornire un'idea di quali dovessero essere le dimensioni del campanile. Le informazioni disponibili sul primo campanile sono decisamente poche: l'aspetto più documentato appare proprio il suo crollo e quanto osservabile nella Veduta della Catena e nella Carta della collezione Bier è appena indicativo della sua morfologia. Si deve quindi ricorrere all'utilizzo di altre fonti iconografiche, in modo da individuare una serie di spunti adatti alla definizione di un modello del 'come poteva essere' questa antica costruzione.

In particolare si può far ricorso alla consultazione della *Veduta semiprospectica di Firenze dal Monte Oliveto*, eseguita da Marcello e Francesco Petrini, una rappresentazione di grandi dimensioni di Firenze, eseguita sulla base della Veduta della Catena; questa tela, che custodita presso il museo "Firenze com'era" prima del suo smantellamento, permette di osservare con una certa chiarezza la configurazione della basilica di Santa Croce con il suo primo campanile. Un'altra raffigurazione, anche se molto stilizzata, della chiesa prima del 1512, è stata individuata nel Supplizio di Savonarola, opera di un pittore anonimo, che risale della fine del XV secolo, ed è oggi custodita presso il museo del Convento di San Marco.

Quanto rappresentato in questi dipinti conferma l'ipotesi di un campanile alquanto grande, ubicato nei pressi dell'abside, secondo il *Supplizio* lateralmente ad essa, dotato di una cuspidi o comunque di una copertura con falde molto inclinate. Poiché dopo il crollo le strutture superstiti non vennero eliminate, ma riadattate a campanile a vela 'provvisorio', il loro studio



Il tratto di murature sopra l'abside della basilica, dove originariamente era posizionato il primo campanile; tracciamento di Santa Croce dalla *Carta della Catena*; dettaglio del campanile nella veduta dei Fratelli Petri; vista del campanile rappresentato nell'affresco di Spinello Aretino *Ascesa al Calvario*



risulta estremamente interessante ed utile a definire un dimensionamento di massima della torre a cui originariamente appartenevano.

Non esistendo rilievi dei resti del vecchio campanile, la stima sulle dimensioni in pianta può essere condotta analizzando quanto si vede in varie stampe d'epoca raffiguranti il campanile provvisorio che costituisce di fatto una parte dei resti del campanile originale. In particolare, in base all'immagine presente in una stampa esposta nel corridoio della Sagrestia di Santa Croce, dove si distingue chiaramente parte delle murature superstiti e del campanile, e in base al suo rapporto con le strutture tutt'oggi esistenti, sembra che esso avesse una base di cinque metri, forse cinque e mezzo (almeno su quel lato).

Come verifica meno empirica si possono controllare le tracce del ripristino della muratura avvenute nell'ottocento, durante i lavori di costruzione del campanile attuale (ad

opera di Gaetano Baccani); allora, infatti, vennero rimosse le ultime vestigia dell'antico campanile, divenute oramai inutili, e ricostruite le parti a cui era ammassato.

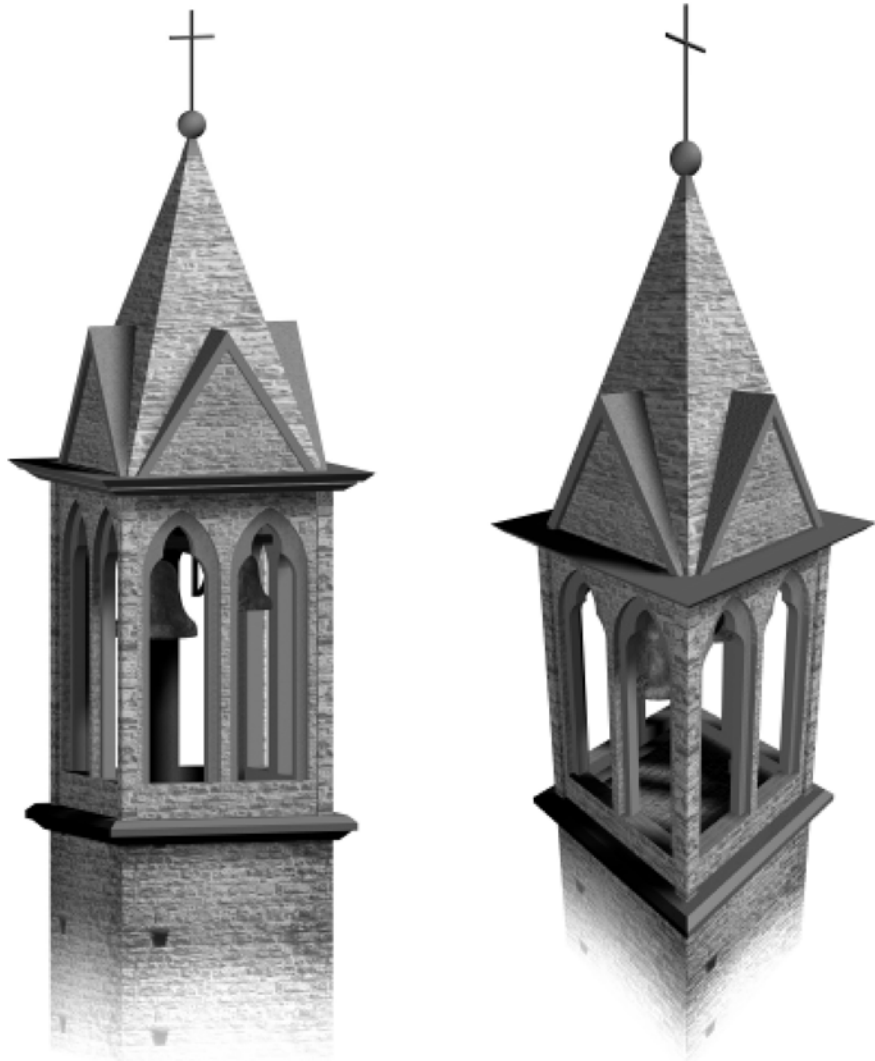
Queste tracce, consistenti in una discontinuità dei materiali al livello della cornice sottofalda in pietra serena, indicano in maniera congruente con la stampa l'ubicazione del campanile e confermano l'ipotesi di un lato lungo tra i cinque e i sei metri.

Per determinare l'altezza e le caratteristiche architettoniche di questo campanile può essere d'aiuto la seguente osservazione: nella sagrestia, realizzata attorno al 1340 su commissione della Famiglia Peruzzi (Bucci, 1965) un lato presenta un'intera parete affrescata: in essa sono rappresentate una *Crocifissione*, in posizione centrale (opera di Taddeo Gaddi), la *Resurrezione*, a destra (opera di Niccolò Gerini), l'*Ascensione*, nella parte superiore (opera di un allievo di Niccolò Gerini), ed infine, a sinistra, l'*Andata al Calvario*, attribuita a Spinello Aretino. In quest'ultima la città che fa da sfondo viene raffigurata come 'città ideale', con un grande edificio coperto a cupola che può ricordare il tamburo della cattedrale di Santa Maria del Fiore, all'epoca della realizzazione del dipinto ancora priva di cupola (la data esatta dell'esecuzione dell'affresco non è accertata, ma Spinello Aretino opera fino al 1410, probabile data della sua morte, mentre Filippo Brunelleschi inizia i lavori alla cupola nel 1418), ma la presenza del giglio sulla sommità della cupola non lascia comunque dubbi su quale città sia raffigurata; in questa veduta idealizzata di Firenze sono anche rappresentate alcune torri e in particolare, un campanile posto al limite destro della scena, in una collocazione simile a quella per la rappresentazione presente nella *Veduta della Catena*. Se ipotizzare che questo sia la rappresentazione del campanile di Santa Croce può essere azzardato, anche perchè all'epoca dell'esecuzione del dipinto la torre campanaria esisteva e sicuramente era una presenza 'emergente' nel profilo del panorama urbano fiorentino. Spinello Aretino, nel suo dipinto, esegue in dettaglio un solo edificio, quello che qui si propone di individuare come il campanile antico, mentre gli altri rimangono ad un livello ben più schematico. Si tenterà quindi di considerare quella di questo affresco l'unica rappresentazione ben definita della torre campanaria trecentesca della basilica di Santa Croce. Volendo prendere per attendibile questo riferimento, sulla base del suo aspetto si possono intentare ulteriori deduzioni e una sua ricostruzione.

Per approfondire la definizione dell'aspetto architettonico, basandosi su quanto rappresentato nelle vedute del XV secolo e tenendo presente l'immagine dipinta da Spinello Aretino, si può immaginare una torre con base all'incirca quadrata, con quattro bifore nella cella campanaria, forse racchiuse in una cornice ad arco acuto; il piano inferiore alla cella, nell'affresco della sagrestia, viene raffigurato come decorato da una sorta di apertura cuspidata dipinta. Appare comunque probabile che questo elemento possa corrispondere all'innesto tra la



**Ipotesi
ricostruttiva di
massima per
il campanile
originale di
Santa Croce**



torre e la chiesa, ma risulta comunque difficile definirne una trasposizione ad elemento architettonico.

Si può ipotizzare che la torre campanaria avesse il fusto realizzato con la stessa pietra forte della basilica, con cornici e finiture in pietra serena; forse erano presenti anche elementi in marmo, ma probabilmente limitati ai capitelli e alle colonne delle bifore della

cella campanaria (per similitudine con quanto si può vedere nel campanile di Santa Maria Novella).

La parte terminale del campanile è cuspidata, forse con quattro pinnacoli affusolati agli angoli, con una struttura simile, ma di scala molto ridotta, a quella del campanile di Santa Maria Novella o a quello demolito di San Pier Maggiore, anche se di dimensioni inferiori. Per quanto riguarda i materiali ci si può solamente riferire a quanto descritto nel dipinto della sagrestia e richiamarsi alla struttura stessa della chiesa, tenendo presente le caratteristiche di 'povertà' proprie dell'ordine francescano che generalmente venivano riproposte nell'aspetto delle architetture conventuali.

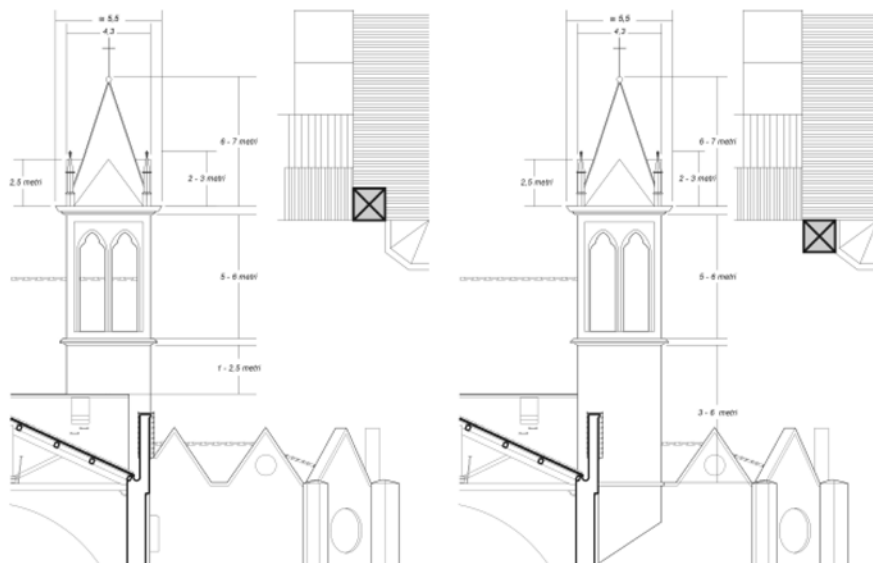
La definizione dell'altezza rimane comunque il problema più difficile da risolvere, ma basandosi su un rapporto proporzionale tra la dimensione stimata per la base e quanto rappresentato da Spinello Aretino e nella *Veduta della Catena*, si ottiene un'altezza, alla cima della cuspide, tra i venticinque metri (secondo l'affresco della sagrestia) ed i quindici metri (secondo 'la veduta'). Si tratta, in tutti e due i casi di una misura considerevole, più che sufficiente a spiegare gli ingenti danni prodotti dal crollo di questa torre. Va anche tenuto conto che l'altezza di circa quindici metri viene confermata dalle valutazioni metriche eseguite sulle altre rappresentazioni, e quindi, nel proseguo di queste considerazioni, è stata questa ad essere utilizzata nella realizzazione del modello digitale tridimensionale del campanile.

Come il campanile e la basilica fossero tra loro composti resta insoluto; volendo scartare l'ipotesi di una torre o di una vela posta al di sopra della cappella maggiore, e assumendo le tracce rimaste nelle murature dell'abside come traccia della presenza del campanile, di certo questa collocazione non chiarisce se si trattasse di una struttura posta al di sopra della copertura e gravante su questa oltre che sulle stesse murature della chiesa, oppure se il fusto fosse sorretto su mensole aggettanti verso il resede absidale. In ultima analisi non si può del tutto escludere l'eventualità di una torre con struttura propria e tale da giungere fino a terra, o meglio, a congiungersi con una delle cappelle sottostanti; ma in questo caso si sarebbero dovute trovare tracce ben più ingenti nella stratigrafia del paramento murario, e si può prendere in considerazione questa eventualità a semplice beneficio dell'inventario delle soluzioni possibili. Una ulteriore ipotesi potrebbe essere quella di una torre indipendente posta alle spalle dell'abside, che forse meglio si troverebbe in corrispondenza con alcune stampe d'epoca; tuttavia le valutazioni restano le stesse fatte per la torre ipotizzata impostata su una delle cappelle, e in più, anche nel caso di sua completa demolizione, sarebbero dovute rimanere delle tracce delle fondazioni, che di certo non dovevano essere di esigua entità.

Certo la possibilità di una torre posta alle spalle della chiesa spiegherebbe il gran danno subito dalle strutture di copertura, e in questo caso si potrebbe ipotizzare il crollo di una porzione



Due possibili posizionamenti per il campanile originale, in appoggio sulle coperture o in aggetto sul prospetto tergale



del campanile, con conseguente compromissione di tutta la sua struttura, in una maniera tale da rendere improponibile un suo recupero.

Altra questione non risolta da questa ipotesi è quella documentata come ‘riuso’ di porzioni del vecchio campanile per la realizzazione del campanile a vela ‘temporaneo’ che è comprensibile solo se riferita a tratti di muratura appartenenti alla chiesa, cosa che nel caso della torre indipendente non ci sarebbe stata. Le situazioni più probabili appaiono quelle di una torre pericolosamente appoggiata al di sopra della copertura, o quella della torretta in aggetto; in ambedue i casi si tratta di una situazione suscettibile di un progressivo peggioramento delle condizioni di stabilità come quello che effettivamente si è verificato; le due ipotesi potrebbero inoltre confluire in una soluzione intermedia, in parte appoggiata su mensole, in parte gravante sulle strutture della copertura, situazione questa abbastanza plausibile. Sta di fatto comunque, che si trattava di una soluzione non duratura, lo conferma la ricerca di elementi esistenti di confronto provenienti da altri contesti, dove gli unici campanili in cui è possibile osservare soluzioni simili a quelle ipotizzate per il campanile originale di Santa Croce sono stati individuati in complessi realizzati nell’ottocento, con tecnologie più evolute e dimensioni significativamente ridotte rispetto alla torre ipotizzata.

Ovviamente il modello ottenuto ha un valore di semplice divertissement e non si può pretendere di dire che sia la vera rappresentazione del primo campanile della basilica,

ma gli dovrebbe essere molto prossimo, e di certo le congetture qui fatte sono base di partenza per uno studio utile al processo di indagine su una interessante architettura fiorentina di cui si è persa ogni traccia.

Il campanile di Francesco da Sangallo

Ricordo che addì 19 di Maggio 1549, come noi habiamo ottenuto da sua eccellentia che i Signori Sei di Mercantia della città di Firenze siano tenuti per l'avenire di dare la nostra Opera di Santa Croce soldi dua per lira di tutti i diritti et extradiritti che si pagheranno in detta corte di mercantia, e per meglio dire di tutti quei diritti e stradiritti che si troveranno de entrata di detta corte, di che ne appare partito fatto per li magnifici consiglieri di sua eccelentia sotto detto dì: li quali denari hanno a servire per murare il campanile della nostra chiesa di Santa Croce. (Moisé, 1845)

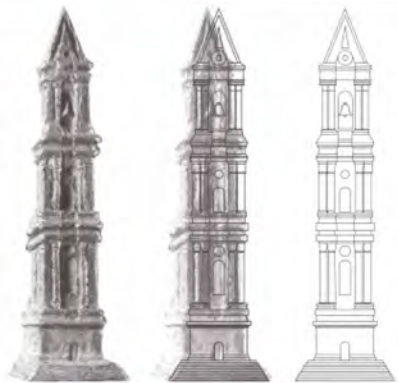
Queste righe testimoniano l'inizio dei lavori per il 'terzo' campanile della basilica francescana, il campanile 'provvisorio' costruito probabilmente impiegando parti murarie rimanenza del crollo del primo, era in realtà destinato a rimanere in opera per oltre trecento anni (condizione curiosa, che lo rende per ora il campanile più longevo tra quelli realizzati per questa chiesa). La nuova opera viene quindi iniziata grazie ad un finanziamento che però dovette rivelarsi insufficiente, dato che di quell'opera venne completato solamente il basamento. Negli intenti si trattava di un progetto ambizioso, che prevedeva la costruzione di un campanile, posto non più sul retro della chiesa, ma affiancato alla facciata, non più una struttura accorpata alle mura preesistenti, ma indipendente, secondo il gusto tardo-rinascimentale, lontana dal linguaggio del resto del complesso, forse capace di imporre nuove scelte generali, visto che la basilica aveva ancora la facciata non finita.

A progettare la nuova torre campanaria venne chiamato Francesco da Sangallo, della famiglia dei da Sangallo, figlio di Giuliano, architetto prediletto da Lorenzo il Magnifico. Francesco all'epoca aveva circa sessant'anni, e alle spalle una carriera iniziata come scultore, nel 1522, con il gruppo della Vergine, e di Sant'Anna ed il Bambino per la chiesa di Orsanmichele. Aveva poi lavorato alle decorazioni della Santa Casa di Loreto assieme al Tribolo e a Raffaello da Montelupo e tra il 1540 ed il 1550 aveva eseguito numerosi monumenti funebri secolo (Ruschi, 1986). Tra il 1526 ed il 1530 la sua attività di architetto di fortificazioni militari era stata particolarmente intensa; per incarico della Balia aveva lavorato al sistema difensivo di Pistoia, Prato e Firenze e più tardi, nel 1533, durante la guerra tra Siena e Firenze, era stato chiamato a dirigere i lavori di fortificazione delle mura fiorentine (Benevolo, 1968).

Nel 1543 è nominato architetto dell'Opera di Santa Maria del Fiore. Quando la comunità francescana si appresta ad erigere la nuova torre Francesco da Sangallo ricopre ancora quell'incarico e gode di una posizione prestigiosa presso la corte. Trattandosi di un'opera di



**Il 'masso' di
Santa Croce in
una veduta
d'epoca;
il Medaglione
celebrativo della
fondazione
del nuovo
campanile;
schema
interpretativo
della
rappresentazione
del medaglione**



tanto rilievo la scelta dell'artista appare quella migliore. Già nel 1549 iniziano le opere di fondazione ma, il posizionamento frontale del campanile richiede dapprima alcuni interventi di demolizione di cui fanno le spese la testata del loggiato settentrionale e la muratura stessa della facciata, che viene intaccata per far posto al basamento. Una nota d'archivio attesta che, fino al 22 agosto 1551, le opere murarie della nuova torre sono state innalzate per poco più di 4 metri al di sopra del livello della piazza. A questa quota sono destinate a rimanere per tre secoli, fino alla demolizione del basamento avvenuta in occasione della realizzazione della facciata ottocentesca della chiesa ad opera di Niccolò Matas (inaugurata nel 1863).

Poco dopo l'inizio dei lavori dell'intero basamento, il finanziamento ottenuto dalla Magistratura dei Sei di Mercanzia va riducendosi, fino ad essere completamente interrotto e stessa sorte subiscono le opere di costruzione del campanile del Sangallo.

L'aspetto del campanile 'finito' è documentato in una moneta di bronzo facente parte di una serie coniata dallo stesso Francesco da Sangallo, e murata in un vaso di terracotta posto nel basamento del campanile (Clausse, 1902). Le monete, rinvenute in occasione della demolizione del basamento, sono cinque, due raffigurano i volti dell'architetto e di sua moglie, Elena Mar-suppini, mentre le restanti tre mostrano il progetto completo del campanile (Ruschi, 1986). La rappresentazione nella medaglia permette di immaginare l'aspetto finito della torre campanaria sangallesca e si può osservare che si sarebbe trattato di una costruzione su tre ordini, innalzata al di sopra di un basamento massiccio (quello realizzato) e conclusa da una cuspide; i primi due piani sarebbero stati alleggeriti da due grandi nicchie sovrapposte, con una finestra circolare sovrastante, mentre il terzo avrebbe ospitato la cella campanaria. Ogni piano avrebbe avuto una coppia di lesene o forse colonne angolari; molto probabilmente a ciascuno avrebbe dovuto corrispondere un ordine, secondo la sequenza classica: dorico, ionico e corinzio.

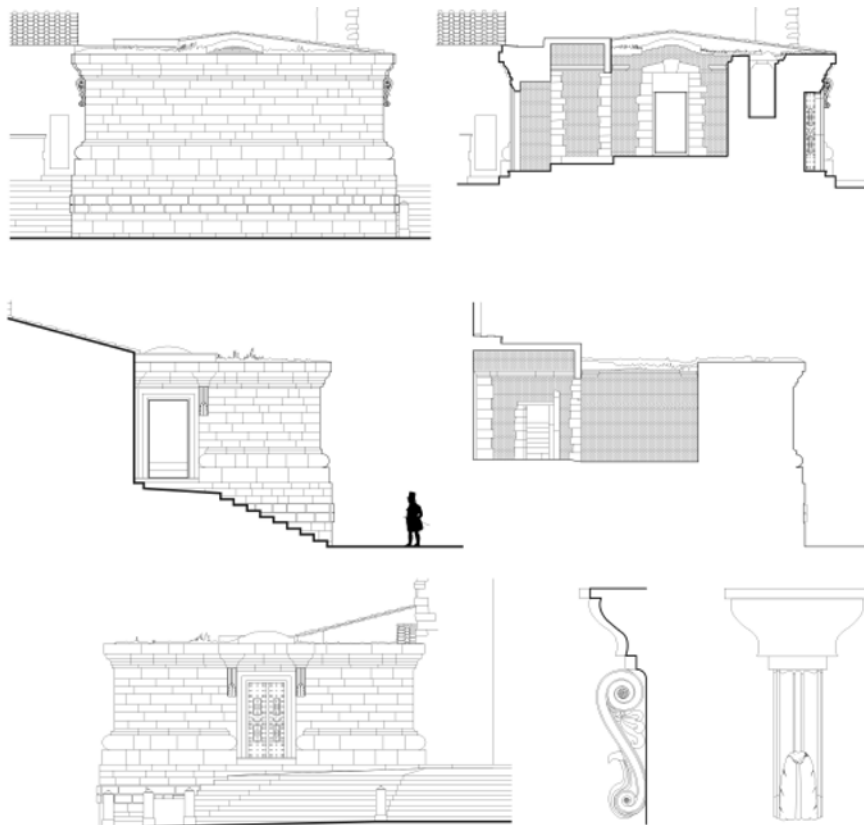
Per lo sviluppo di un credibile modello finalizzato ad una ipotetica ricostruzione dell'aspetto concluso del campanile, ci si può sicuramente richiamare ad un'altra opera dei Sangallo, ovvero il tempio di San Biagio a Montepulciano (Clausse, 1902).

Tale edificio presenta una torre campanaria dalle caratteristiche simili al campanile raffigurato nella medaglia e se ne differenzia perlopiù per la soluzione della cuspide (che tuttavia fu aggiunta successivamente da Baccio d'Agnolo). Il tempio di San Biagio, eretto per commemorare il miracolo di un'immagine della Madonna che avrebbe pianto sangue ed eseguito alcune guarigioni (Barucci, 1988), venne costruito a partire dal 1518 ad opera di Antonio da Sangallo il Vecchio, e poi portato quasi a completamento (uno dei due campanili rimase all'altezza del basamento) da Baccio d'Agnolo (Cozzi, 1992), si tratta di un'opera di gusto manierista, improntata secondo una pianta a schema centrale e che risente probabilmente del progetto del Bramante per la cattedrale di San Pietro, arricchita sotto il profilo formale da soluzioni e ornamenti ispirati a ruderi romani direttamente studiati da Antonio da Sangallo il Vecchio, come testimoniano alcuni suoi disegni.

La prima torre campanaria viene portata a termine nel 1545 ed era quindi sicuramente nota al nipote Francesco, al momento della progettazione del campanile per Santa Croce. Quello di Montepulciano è una realizzazione accurata, studiata nei dettagli, che rientra nelle elaborazioni del linguaggio tardo-rinascimentale: la torre riflette direttamente gli ordini, i decori e le scansioni della chiesa, si articola in tre piani rastremati verso l'alto, ornati secondo gli ordini classici, e si conclude in una cella campanaria a base ottagonale chiusa con un aguzzo tetto piramidale. La corrispondenza delle soluzioni architettoniche ne fanno un elemento perfettamente integrato con il tempio, dotato di un ingresso autonomo. Presenta una base



**Riproduzione
del rilievo
ottocentesco
del basamento
del campanile
incompiuto**
(Giorgio Verdiani
e Francesco Tioli,
1998)



quadrata di sette metri e ottanta centimetri di lato e con un'altezza complessiva di circa quarantasette metri. Risulta quindi probabile in virtù di quanto rappresentato nelle medaglie, che le due torri avrebbero dovuto essere assai simili tra loro, e quindi appare lecito tentare una ricostruzione pratica del campanile di Santa Croce anche sulla base del confronto tra le due costruzioni.

Una volta accertate le relazioni con il Campanile del Tempio di San Biagio, per quel che riguarda l'aspetto complessivo dell'opera, rimane dubbia la soluzione della cella campanaria, che nel medaglione di Santa Croce appare decisamente diversa da quella di San Biagio, presentando un'impostazione a base quadrata anziché ottagonale.

Andando a cercare altrove altri riferimenti, si potrebbe citare la cella campanaria del campanile di Santo Spirito a Firenze, dove alcune corrispondenze sono in grado di fornire riferimenti utili per la ricostruzione, in scala, del campanile sangallesco.

La torre campanaria di Santo Spirito, realizzata da Baccio d'Agnolo, (Acidini Luchinat, 1996) con la sua cuspide quadrangolare aperta su quattro lati e la copertura piramidale, può infatti costituire un interessante riferimento (escludendo i quattro contrafforti angolari che sono posteriori).

Un ulteriore riferimento, per le aperture indicate ai vari piani, può arrivare dal campanile della chiesa di San Miniato al Monte, anch'esso opera di Baccio d'Agnolo, infatti dal medaglione è intuibile che le aperture ai vari piani non sarebbero state chiuse con nicchie (o finestre) a timpano, come nella torre del San Biagio, ma aperte da finestroni con arco a tutto sesto e sormontati da una finestra circolare, come avviene appunto nella torre di San Miniato che, realizzata tra il 1523 ed il 1527 (Berti, Gurrieri, Leonardi, 1988) costituisce un riferimento presente al momento dell'esecuzione del progetto per Santa Croce.

In base a queste considerazioni, si può immaginare una torre addossata alla chiesa e di poco sporgente dal filo della facciata, impostata sui tre ordini al di sopra di un massiccio basamento. Questi avrebbero ricevuto ornamenti secondo la classica sequenza: ordine dorico, ionico e corinzio, sono riconoscibili delle alte nicchie (o forse finestroni) con archi a tutto sesto e sormontate da oculi. La sequenza dei piani, scanditi da cornicioni massicci e doppi, sarebbe andata rastremandosi verso l'alto. Ciascuno di essi avrebbero avuto gli angoli irrobustiti da paraste abbinate a semicolonne. La cella campanaria nel terzo ordine, aperta su tutti i lati, in quanto sopraelevata rispetto alla chiesa, sarebbe stata sormontata da una cuspide terminante con un oculo per ciascuna falda del tetto.

I lavori si interruppero comunque all'altezza del basamento, destinato a rimanere per qualche secolo al fianco dell'altrettanto incompiuta facciata. I fiorentini l'avevano ribattezzato 'il masso di Santa Croce' e il suo uso più frequente era quello di 'palco' improvvisato per l'osservazione degli spettacoli e degli eventi che si svolgevano nella piazza; sicuramente più di una volta venne tentato un recupero o un riutilizzo del basamento, come si può vedere da alcune stampe d'epoca, ma nessun intervento fu mai realmente eseguito.

Il 'masso' venne smantellato nel 1857 a seguito della realizzazione della nuova facciata e ogni sua traccia fu rimossa (Mattioli, 1986) con il ripristino del loggiato laterale e della scalinata (Detti, 1997).

Del basamento rimangono due rilievi ottocenteschi conservati presso l'Archivio dell'Opera di Santa Croce, uno autografo di Leopoldo Veneziani, architetto dell'Opera di Santa Croce, composto da due tavole illustranti il fronte sull'attuale via di San Giuseppe, una pianta ed una sezione e che riporta un'attribuzione del basamento a Giuliano da Sangallo anziché a Francesco; l'altro di autore ignoto, molto più accurato e che consta di quattro tavole raffiguranti pianta, planimetria, i prospetti e due sezioni.



poteva essere ben nota per questa famiglia di architetti rinascimentali, il simbolo etrusco della porta indicava un passaggio verso l'aldilà, con l'anta che veniva lasciata semiaperta per permettere il passaggio delle anime.

Le reali motivazioni di questa scelta non sono note; in realtà accettare l'ipotesi di citazione colta fine a sé stessa appare cosa inusuale e quindi sarebbe naturale aspettarsi una motivazione in questa simbologia costruita, mancando tuttavia riferimenti chiari, l'interrogativo sulla scelta della finta porta è costretto a rimanere tale.

I due rilievi ottocenteschi, in special modo quello eseguito dall'autore ignoto, permettono una ricostruzione accurata dell'opera del Sangallo, e mostrano un edificio realizzato in pietra forte tagliata in grossi blocchi, con una fascia bugnata in basso e pochi, curati, ornamenti tra i quali i modiglioni disposti accanto ai portali.



Ricostruzione del prospetto su piazza Santa Croce con il campanile di Francesco da Sangallo completato. La chiesa è stata lasciata priva di facciata, come al tempo del "masso di Santa Croce"

(Giorgio Verdiani e Francesco Tioli, 1998)



La prima fase nella redazione delle elaborazioni finalizzate alla ricostruzione ipotetica del campanile è partita da questo rilievo, con la sua restituzione bidimensionale; attuando il ridisegno come operazione di comprensione e al fine di ottenere un classico disegno vettoriale da cui sviluppare le prime ipotesi. Completata la creazione di una base grafica corrispondente a quanto documentato è stato elaborato, mediante utilizzo di software dedicati alla modellazione solida, un modello tridimensionale digitale del basamento, mentre di pari passo si è proceduto con delle operazioni di confronto bidimensionale basati sulla trasposizione del rilievo del campanile di San Biagio al di sopra del 'masso di Santa Croce', operazione questa che ha permesso di ottenere un'immagine dimensionalmente rapportabile ad un campanile 'ibrido', nella sua natura improbabile a vedersi. Il passo successivo richiedeva l'estrazione di dati derivanti dall'elaborazione grafica dell'immagine rappresentata nella medaglia commemorativa al fine di ottenere uno schema confrontabile con gli elaborati precedentemente prodotti.

Combinando lo schema derivato dalla medaglia, con il modello ottenuto per composizione del campanile di San Biagio con il basamento di Sangallo si è ottenuto un schema sorprendentemente coincidente che ha permesso di strutturare una prima ipotesi sulla

morfologia del progetto. Dall'insieme delle basi realizzate si è giunti alla definizione di un primo modello sommario che è stato successivamente affinato ed arricchito da particolari architettonici; scelti sulla base di considerazioni condotte in riferimento ad architetture di possibile riferimento e coeve, quali lo stesso campanile di San Biagio, il campanile di San Miniatto al Monte e il campanile della chiesa di Santo Spirito.

Il modello ottenuto rappresenta una sintesi ponderata e plausibile delle ipotesi e delle congetture scaturite dalle analisi condotte in precedenza.

Come ulteriore verifica di questo modello ipotetico, è stato eseguito un controllo delle dimensioni della cella campanaria, che essendo derivate direttamente dalle operazioni precedenti, la rendevano un terreno di prova fondamentale per stabilire se il campanile sviluppato a partire da questa serie di ipotesi fosse in grado di assolvere al suo compito principale: quello di contenere e permettere di far suonare le proprie campane. La verifica condotta è stata basata sull'impiego del modello tridimensionale digitale; una volta posto un gruppo di campane, analoghe per numero e dimensioni a quelle presenti nell'attuale campanile, si è proceduto con una semplice operazione di rotazione di queste, spingendole in una rotazione sul proprio mozzo di novanta gradi. Il risultato è stato molto confortante, in quanto non solo i modelli delle campane non sono andati ad intersecarsi, ma hanno mantenuto una ragionevole, ma non eccessiva, distanza, definendo l'immagine di una cella campanaria 'corretta' nel proprio dimensionamento. Nelle riproduzioni sviluppate a partire dal modello ottenuto si deve considerare la facciata come incompiuta, in quanto non si può certo far riferimento a quella ottocentesca, dato che il progetto del campanile, non presentando nessun riferimento al gotico ed avendo un'impostazione tardo rinascimentale evidentissima, avrebbe posto una concreta difficoltà di interpretazione per una operazione di 'completamento in stile'; infatti l'estrema differenza formale tra la chiesa ed il campanile avrebbero posto un problema di scelte non facile, anche in base alla significativa mole del campanile stesso. Quanto appare dalla ricostruzione mostra una torre massiccia, imponente, caratterizzata da cornicioni sporgenti e da una struttura sviluppata secondo tre piani al di sopra del basamento; i piani sarebbero sicuramente stati impostati secondo la classica successione degli ordini architettonici con una sequenza tuscanico, ionico e corinzio simile a quanto visibile nel campanile di San Biagio a Montepulciano, con l'innestarsi della copertura, cuspidata, che avrebbe probabilmente avuto un aspetto simile a quanto si può osservare nel campanile di Santo Spirito, mentre l'aspetto complessivo della torre non ha raffronti con architetture turrette nel panorama fiorentino.

Si vuole in ultimo notare come la torre progettata da Sangallo abbia un rapporto preferenziale con la piazza; la posizione avrebbe richiesto una elevata cura dei particolari, definendo

una torre pensata anche per essere osservata da distanze ravvicinate. Questa cura dei dettagli risulta immediatamente evidente nell'osservazione del rilievo del basamento.

Si sarebbe trattato di una torre imponente che, anche se meno influente nella definizione dello skyline di Firenze dai punti di vista dei lungarni e dei ponti a monte di Ponte Vecchio, non avrebbe mancato di imporsi come punto di riferimento nel tessuto urbano e nei profili distanti dalle colline circostanti.

Riferimenti per questo capitolo: il presente articolo è stato sviluppato a partire dall'importante collaborazione con Francesco Tioli, si ringraziano inoltre per la collaborazione Marco Bini e Pietro Ruschi.

Caso di studio 2
**La torre del Cadi
a l'Alhambra, Granada**



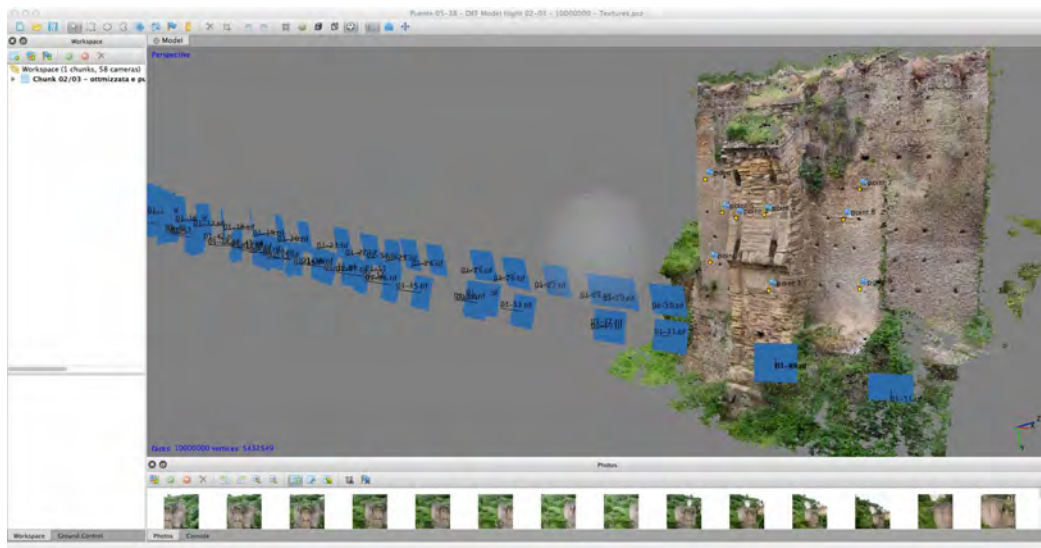


Veduta dei
resti del
ponte del
Cadì dalla
sponda
opposta del
fiume Darro

Granada, in Spagna, è ben nota in tutto il mondo per la bellezza del suo centro storico di origine musulmana chiamato Albayzín e per il complesso della Alhambra. Ai piedi della collina su questa sorge, lungo il fiume Darro, è possibile vedere un rudere dalla massa imponente, il cosiddetto 'Ponte del Cadì', una porzione superstite di un arco moresco del XI secolo (Torres Balbás, 1949). La ricerca su questo frammento è stata basata sull'analisi dello stato attuale di questa rovina, realizzandone un rilievo fotogrammetrico accurato poi utilizzato come base per crearne una ricostruzione digitale. Le rovine del Cadì oggi sorgono in un contesto molto trasformato rispetto alle condizioni del tempo in cui questa struttura è stata realizzata: le sezioni del suolo sono variate, l'assetto del costruito è cambiato, i percorsi si sono modificati, gli edifici hanno assunto significative variazioni (Seco de Lucena, 1910). Una condizione così diversa rispetto al momento in cui questa architettura è stata completata ha fatto preferire un approccio a partire dall'architettura stessa del rudere, dalle sole tracce leggibili di quanto rimane, ovvero dalle prove più 'solide' provenienti dall'elemento architettonico in sé.

Questi particolari resti architettonici sono attribuibili al periodo Ziri (Torres Balbás, 1934), ma di certo possono aver avuto più evoluzioni nel tempo. Forse a conferma di questo, il fatto che la struttura venga indicata con nomi differenti come Cadì, Los Tableros o Bab al-Difaf. Appare per la prima volta, in forma grafica, ma già come rovina, nella rappresentazione della *Plattaforma de Vico*, di fatto il documento principale nella storia urbana di Granada, conosciuta anche come *Plano de Granada* e risalente al XVI secolo.

Probabilmente il periodo in cui questa fortificazione viene realizzata nella sua prima forma è quello della dinastia Ziride una fase che vede l'aumento della popolazione e delle risorse generate da nuovi campi irrigati, con conseguente adozione di un nuovo piano per la città nell'area adiacente ai vecchi insediamenti preislamici (Cuneo, 1988). Viene quindi delimitata una grande area murata che è urbanizzata secondo i principi della legge islamica. Oltre a produrre spazio di crescita più confortevole, questa espansione ha avuto un obiettivo strategico: collegare la fortezza emergente dell'Alhambra con le mura della città, impedendo attacchi attraverso i passaggi interni nella trama urbana. La parte alta della città, che aveva



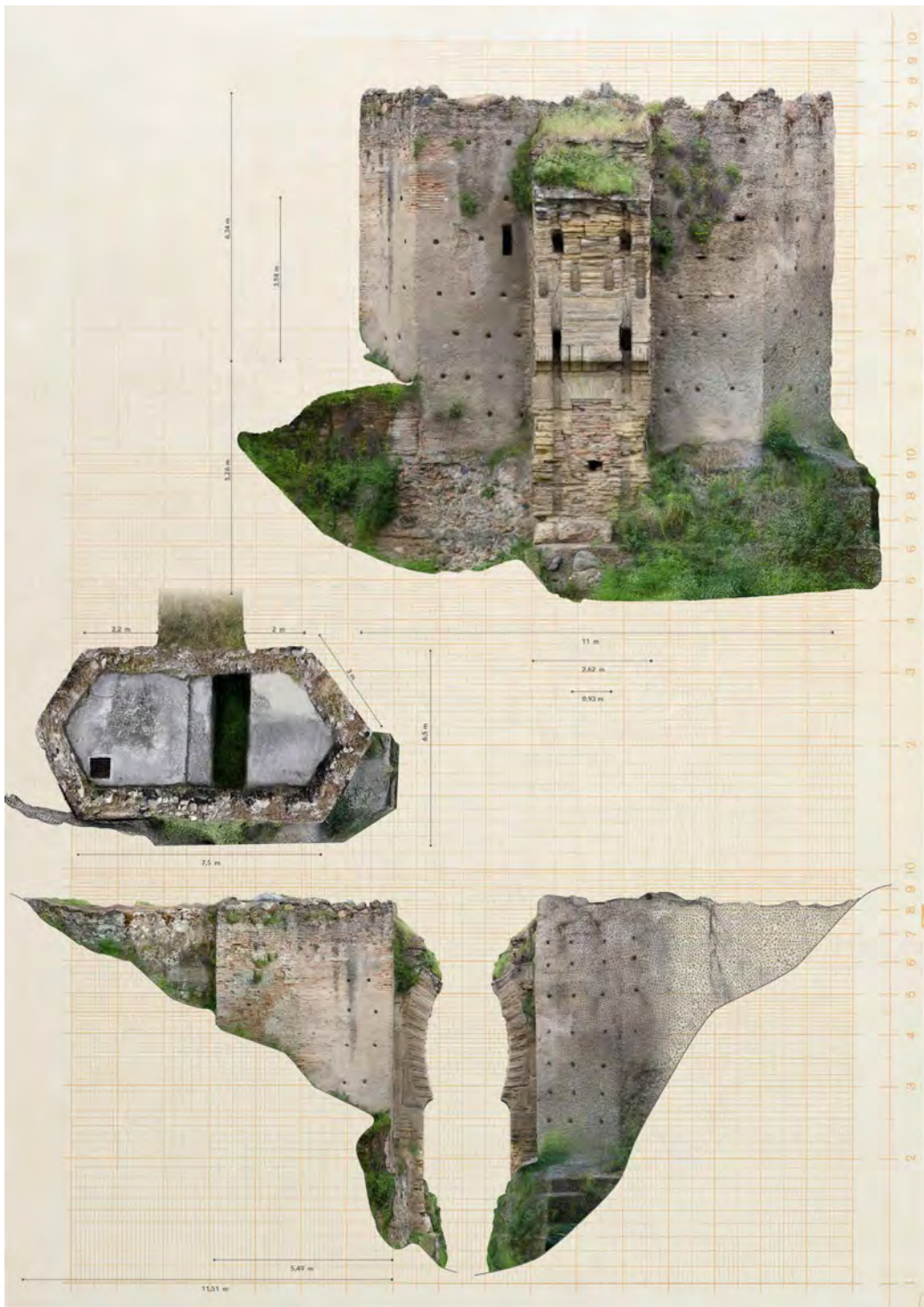
↑
**Una fase della
 restituzione della
 fotogrammetria**
 (Paolo Formaglini,
 Filippo Giansanti,
 Pablo Rodriguez-
 Navarro, Giorgio
 Verdiani, 2014)

migliori condizioni di difesa naturale, si consolida come il luogo dell'Alcazar (fortezza, castello o palazzo), sede del potere. Viene quindi indicata come 'città alta' (Al-madina al-fyqà) o in alternativa l'Alcazaba (al-qazaba) per distinguerla dalla 'città bassa' (al-madina al-sufà). La grande moschea (aljama) viene trasferita nella zona inferiore, in una posizione centrale e accessibile rispetto al nuovo design della città. In questo tempo ed esattamente per queste ragioni fu costruito il Cadì, denominato al tempo Bab al-Difaf (Malpica Cuello, 1992).

Questo arco sul fiume aveva la propria porta sulla riva Nord del fiume Darro. La vicenda della sua demolizione e riduzione a rudere non è chiara, ma può apparire curioso come nell'arco del tempo, con il Cadì già ridotto ad un rudere simile a quello visibile oggi, abbia avuto dei proprietari che decisero di costruirvi sopra una casa di abitazione.

Il risultato fu quello di produrre un particolare e pittoresco risultato di riuso, che si affacciava dal di sopra dell'antica struttura con un aspetto abbastanza instabile. Questa strana aggiunta fu demolita nel 1920 e i resti del Cadì furono dichiarati Monumento Artistico Storico dallo Stato Spagnolo nel 1931, tuttavia la costruzione prima e la successiva demolizione, hanno cancellato ogni traccia delle strutture sommitali originali, che non possono quindi essere facilmente interpretate. La struttura turriforme restante è costruita con spesse pareti di terra cruda rinforzata con mattoni e murature in pietra. Il disegno dell'impianto ha una forma esagonale, stretta e allungata secondo la direzione del flusso

pagina a fronte
**Estratto
 dal rilievo
 fotogrammetrico**
 (Paolo Formaglini,
 Filippo Giansanti,
 Pablo Rodriguez-
 Navarro, 2014)

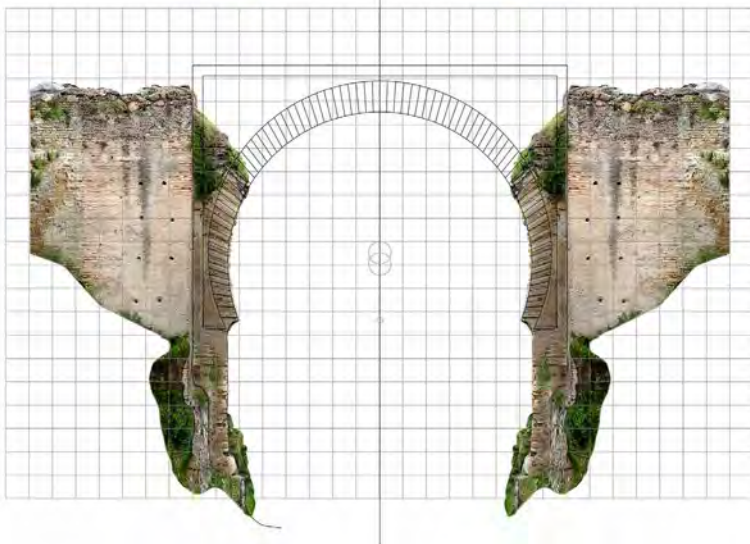
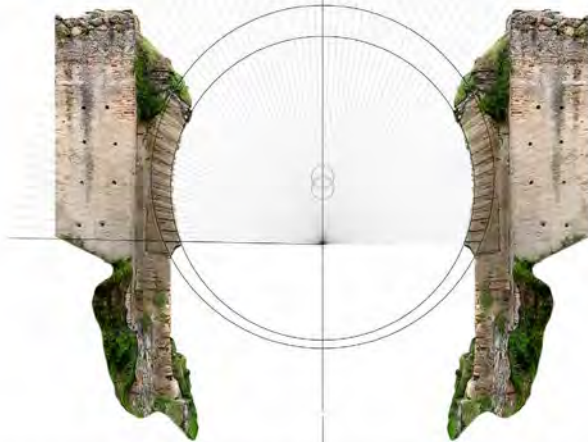
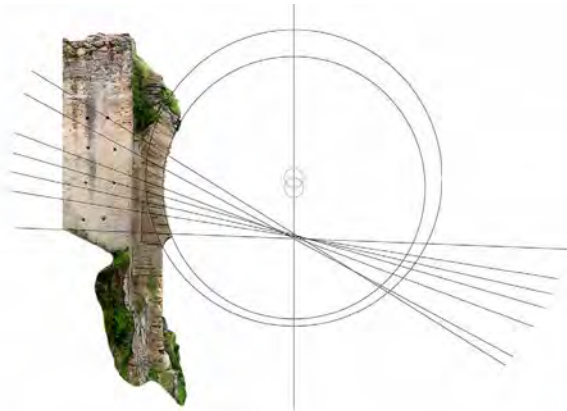


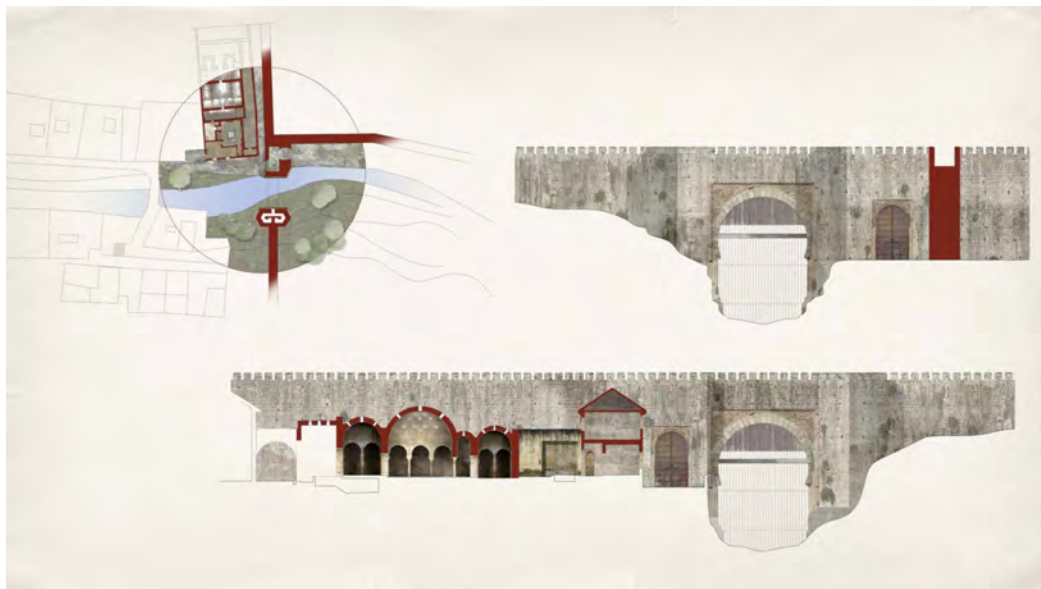
fluviale, che ospita all'interno due scale simmetriche che conducono verso una porta che Comunica con il fiume, questo passaggio però è chiuso e non più accessibile. Ognuna di queste scale ha una via di fuga per la difesa da ogni lato. Tutta la torre ha perso la sua altezza originale e, come già detto, la casa costruita sopra la cima ha probabilmente dato un contributo nel senso di appiattimento dei resti di questa parte della torre, tuttavia è probabile che l'altezza della torre fosse già ridotta a quel tempo. Il frammento dell'arco moresco è costruito con blocchi di arenaria. All'interno dell'arco sono presenti due profonde incisioni verticali che corrispondono alle guide dei cancelli utilizzati per sbarrare il fiume. La doppia guida per una grata potrebbe rispondere alla necessità di avere un doppio sbarramento, con il primo atto a impedire il passaggio delle persone, ma non il flusso delle acque del fiume e quindi basata su una inferriata, mentre il secondo sbarramento poteva essere pensato per chiudere anche il flusso d'acqua, al fine di permettere sia per la pulizia del canale, oppure al fine di inondare la valle, ostacolando una possibile incursione nemica.

Il primo processo di ricostruzione ha prestato attenzione all'arco principale, o perlomeno alla piccola porzione che ne rimane, cercando di ritrovare le linee principali della parte mancante. La ricostruzione è stata condotta in partenza utilizzando rappresentazioni 2D estratti dal rilievo fotogrammetrico. Questo è stato preferito per la grande rapidità di esecuzione e per la pertinente complessità di questa struttura architettonica. Si trattava di certo della migliore e più pratica soluzione di rilievo digitale con cui affrontare una struttura di questo tipo (Rodríguez-Navarro, 2012). Il tracciato dell'arco è stato incentrato sul migliore adattamento per corrispondenza della curvatura ancora leggibile ed una serie di archi generici e compatibili secondo il processo di costruzione di un 'arco moresco ideale'. Il risultato è stato il tracciamento di un arco a ferro di cavallo (*herradura* in Spagnolo). Ciò ha consentito anche di individuare un asse di simmetria a cui fare riferimento e su cui verificare delle ipotetiche griglie compositive. Non ci sono però certezze circa il fatto che il Cadi fosse una struttura simmetrica, ma una semplice disamina dell'architettura di quel periodo fa emergere una preferenza significativa per le soluzioni simmetriche. Ultimo fattore, ma non meno importante, la possibile soluzione simmetrica per Cadi basata sull'asse individuato porta alla creazione di una soluzione staticamente solida, con tutti i carichi provenienti dall'arco ben supportati dalla struttura dell'edificio risultante. Trattandosi di un'architettura moresca, la progettazione della fortificazione originale non è stata pianificata in unità di misura comuni nell'Europa di allora, ma utilizzando quasi sicuramente uno dei più tipici sistemi di misura nell'area Hispano-araba: il cubito. Adottando come unità di misura il cubito 'comune' corrispondente alla misura

pagina a fronte
**Sequenza della
ricostruzione
geometrica per
il Cadi**

(Paolo Formaglini,
Filippo Giansanti,
Pablo Rodríguez-
Navarro, Giorgio
Verdiani, 2014)





Ricostruzione del tratto di mura comprendenti il Cadi

(Paolo Formaglini, Filippo Giansanti, Pablo Rodriguez-Navarro, 2014)

di 64 centimetri, e centrandone una griglia sull'asse di simmetria dell'arco, lo schema risultante crea una griglia principale di 21 cubiti lungo l'altezza della torre, 35 unità lungo la sua parte anteriore, secondo questa griglia l'arco era di 15 cubiti (Profilo esterno) e 11 cubi dalla sua impostazione alla trave fondamentale. Lo schema tende ad un leggero disallineamento agli angoli principali della costruzione, ma l'arco risulta ben inquadrato e strutturato, risultando anche correttamente dimensionato per le possibili necessità e funzioni di questo sistema difensivo. Estendendo la griglia è possibile immaginare l'aspetto originale della fortificazione e iniziare a sviluppare ipotesi ricostruttive. Il processo complessivo di ricostruzione è riassumibile nei seguenti passi: a) l'andamento dell'arco viene trovato a partire dalle tracce lungo i suoi resti nelle rovine, ciò è fatto usando un semplice strumento CAD di individuazione di arco per tre punti, identificando una singola curvatura, in questo modo è stato trovato un primo asse che attraversa il centro dell'arco. Tutte le linee passanti per il bordo di ogni singola pietra rimasta nella struttura dell'arco sono quindi state estese e proiettate verso l'asse dell'arco. b) Discretizzazione delle linee passanti per le pietre, individuazione per interpolazione di un centro di confluenza di tutti questi tracciati e conseguente ottimizzazione della curvatura secondo il nuovo centro. c) Definizione di un insieme speculare di linee e curve e tracciamento del secondo arco. d) Applicazione di una griglia compositiva basata su cubiti semplici, verifica ed

‘arrotondamento’ di alcune misure. e) Ottimizzazione delle linee principali e prima definizione del modello teorico con soluzione simmetrica. f) Confronto della sezione ambientale ricostruita attraverso le sponde sul fiume con la quella attuale. g) Integrazione e completamento del modello teorico con allineamento della griglia in cubiti. h) Raffinamento e completamento della ricostruzione con dettagli e texturing derivato dallo stato attuale e da altre strutture simili.

Uno dei risultati più significativi nella ricostruzione geometrica è il fatto che la seconda torre entra e supera l’effettiva riva del fiume, entrando nella zona vicino agli edifici. Le sponde del fiume Darro hanno infatti visto diversi cambiamenti nel tempo e la condizione attuale sul lato del centro storico non è di certo più quella che si aveva nel tempo di queste fortificazioni. La rappresentazione ottenuta per il secondo contrafforte, che entra significativamente nel tessuto urbano attuale, spinge l’attenzione sui rapporti presenti nel tempo tra gli edifici e tra la presenza di strutture costruite e la funzione difensiva di questo settore. Non si trattava di certo di una struttura isolata, lo conferma lo studio delle immagini aeree dell’area in cui è possibile notare un sistema di antiche mura che collega la struttura di Cadì alla fortezza principale di Alhambra. Nella ricostruzione entra in gioco anche la struttura del ‘Banuelo’ (Navarro Palazon, Jimenez Castillo, 2012), si tratta di un impianto vicino al fiume Darro e adiacente alla zona precedentemente occupata dal Cadì, una struttura di bagni che può essere considerata tra i prototipi dei bagni pubblici dell’architettura musulmana. Posizionato a ridosso del Cadì, prossimo ad una dei possibili passaggi, il Banuelo, un edificio arrivato nel nostro tempo e che, a differenza delle fortificazioni, risulta ancora ben conservato ed integro, sembra aprire una possibilità di lettura del sistema delle sue funzioni completo e razionale (Navarro Palazon, Jimenez Castillo, 2011): un sistema di accessi e di pulizia per chi entrava nell’area difesa tipico e ben funzionale rispetto alle esigenze della città fortificata e dei viaggiatori che la raggiungevano (Navarro Palazon, Jimenez Castillo, 2010).

Molti aspetti circa la struttura di questa parte dell’antica Granada restano non certi, ma il processo di ricostruzione geometrica basata su rilievo accurato ha qui aperto una chiave di indagine certa, che potrebbe essere ampliato con futuri interventi di analisi e rilievo dei piani terra e delle fondazioni degli edifici limitrofi o anche di scavo archeologico, in maniera da permettere di spiegare l’originale andamento di questa porzione urbana, ritrovando, forse, tracce delle vecchie mura e del resto del sistema fortificato di cui il Cadì faceva parte.

Riferimenti per questo capitolo: il presente caso di studio è stato sviluppato da un gruppo di ricerca composto da Pablo Rodriguez-Navarro, Paolo Formaglini e Filippo Giansanti. Si ringrazia per il supporto operativo e l'attiva collaborazione il gruppo di ricerca del Laboratorio de Arquitectura y Arqueología de la Ciudad (LAAC) ed in particolare il Prof. Julio Navarro y Palazon.

Caso di studio 3
Le prime Cattedrali di Arezzo





Sito
archeologico
del Colle
del Pionta,
Arezzo,
rilievo
digitale
con laser
scanner 3D,
2014

Visitando Arezzo fuori dai suoi percorsi abituali è possibile arrivare al 'Colle del Pionta', una zona chiusa tra l'attuale stazione e linea ferroviaria e l'area dell'ospedale intitolato a San Donato, che risulta essere poco e spesso mal frequentata e quindi raramente visitata per una visita agli articolati resti archeologici che si trovano sul posto. Ma c'è stato un tempo in cui la collina denominata 'Pionta' era chiusa da mura che proteggevano una piccola cittadella indipendente, governata da vescovi, con le proprie chiese e con il proprio allineamento politico al Papa e allo Stato Vaticano. La collina sorge in una zona esterna alle mura di Arezzo (Delumeau, 1987), aveva le proprie fortificazioni ed era un insediamento completamente indipendente dal centro urbano principale (Vasari, 1550). Il luogo non è stato scelto per caso, in passato è stato usato dagli Etruschi e poi dai Romani, è stato anche a lungo un luogo di sepoltura. In virtù del suo uso come cimitero, è stata collocata qui la sepoltura di San Donato, creando tutte le condizioni che hanno portato questo luogo dall'essere un antico cimitero ad un luogo di fede e devozione. San Donato era un Santo importante, è il patrono di Arezzo, nato in una data non specificata (anche se alcuni studi cercano di localizzarne il luogo a Roma o anche in Nicodemia, in Turchia) e morto come martire ad Arezzo il 7 agosto 362 d.C. (o nel 304 d.C. secondo altri studi). La presenza di una tomba così importante può spiegare la ragione dei primi insediamenti cristiani con la costruzione di cappelle e chiese, ma la ragione per la creazione di una città separata e autonoma può essere trovata in motivazioni più complesse. Da un lato probabilmente c'era l'intenzione politica e strategica di avere un qualche avamposto direttamente nel cuore della Toscana. Ma dall'altra possiamo trovare una ragione filosofica che basa il ragionamento sulle parole di Jaques Le Goff in *L'imaginai-re Médiéval* (Le Goff, 2011). Qui, presentando il concetto urbano di Guglielmo d'Auvergine (Aurillac, 1180 - Parigi, 1249) nell'*Opera Omnia* (pp. 407-416), l'autore sottolinea i seguenti passi:

Immagina una città fatta dal raggruppamento di tali Uomini perfetti (*imaginabimur civitatem aggregatam ex hominibus sic pefectis*) che tutta la loro vita sia focalizzata sul dare onore e rispetto a Dio, una vita dedicata a raggiungere e applicare la nobiltà dell'anima (onesta), una vita dedicata



**Scatto da drone
sui resti della
chiesa dei Santi
Maria e Stefano**
(Delta G Arezzo,
2014)



a servire gli altri [...] Viene chiaro come davanti a una città così ammirevole (preclara), il resto dell'umanità è come una foresta selvaggia (quasi silva) e tutti gli uomini al di fuori sono come il legno grezzo (quasi ligna silvatica).

Nella contrapposizione tra città e foresta, Guglielmo d'Auvergne aggiunge una seconda contrapposizione: quella tra i materiali naturali e materiali da costruzione, nello specifico della pietra naturale e del legno grezzo contro il legno lavorato e le pietre scolpite.

Le pietre brute, i pezzi crudi (Lapidicina, lapidi) e del legno naturale, le pietre cementate o connesse e il legno fabbricato (cementum, et clavi, e carteraeque ligature inter lapides, et ligna) sono il simbolo dell'amore reciproco e dei bisogni spirituali provenienti dall'umanità.

Definisce: "Questa città ammirevole è esattamente la società, l'aggregazione degli uomini o della città" (societas, aggregationes hominum, seu civitates). Questa città è quindi la vera alternativa alle 'false' città, che sono foreste e grotte. La città è definita dal lavoro di uomini la cui capacità di creare secondo le arti e di lavoro è un dono di Dio (vires, et

pagina a fronte
**Una delle
porzioni di
mosaico della
pavimentazione
superstite della
chiesa dei Santi
Maria e Stefano.**
Rimosso
ed esposto
nell'attuale
chiesa di Santo
Stefano



artem, et artificium). In definitiva: le città sono gli uomini (Cives civitatis procul dubio sunt veri homines). Queste idee possono essere immaginate nella loro materializzazione in un insediamento ricco, ben costruito ed 'ideale', posto come una sorta di satellite sul confine della città principale, luogo di fede che influenza il suo contesto urbano, mostrando e preservando contemporaneamente, Il significato dei valori cristiani di fronte a un comune contesto politico e sociale. Questa particolare condizione sembra trovare la sua rappresentazione grafica in uno dei famosi affreschi di Giotto (o quanto meno attribuiti a Giotto): *L'espulsione dei diavoli da Arezzo*, realizzato ad Assisi, nella Chiesa Superiore tra il 1295 e il 1299. In quest'opera viene rappresentata la città di Arezzo, città chiusa da mura, con le absidi di una chiesa indipendente che crea lo sfondo per la figura di San Francesco e di altri frati. Il caos della città in parallelo con le linee ben organizzate della chiesa. I diavoli possono essere banditi dalla città a causa della forza della fede, ma la fede necessita di luoghi adeguati per ospitare i propri intermediari con l'umanità. Forse questo era un concetto all'origine del consolidamento di questa cittadella come avamposto religioso davanti alla città. Ma la tolleranza politica per questa piccola enclave nel territorio toscano finì nel XVI secolo. Nel 1561 Cosimo de' Medici ordinò la distruzione di questa città murata, radendo a terra tutti gli edifici, concedendone la spogliazione, quasi cercando di annullare la sua esistenza non solo dal terreno, ma apparentemente anche dalla memoria storica (Tafi, 1995). Nonostante questa operazione di distruzione sia stata estremamente efficace e metodica, la memoria del luogo è rimasta, sostenuta da alcuni elementi salvati e riutilizzati in altre chiese, alcuni affreschi e pitture che rappresentano la Cittadella, ma la maggior parte della sua consistenza è dovuta al 'mito' sviluppato intorno alla prima cattedrale di Arezzo, il Santo Stefano e Maria e la

seconda: il San Donato. Una storia non semplice, ma la storia di due cattedrali, vicine all'altra, con la prima ben più antica e proveniente da un periodo iniziale della diffusione del Cristianesimo e una seconda, quasi sperimentale, per la sua pianta articolata e arricchita da elementi di marmo e la presenza di spolia tratte probabilmente da resti romani delle zone limitrofe. La lettura tradizionale di questi eventi indica la presenza di due grandi chiese in questa zona, entrambe utilizzate come cattedrali. La più antica era dedicata ai santi Maria e Stefano, era una costruzione abbastanza comune nel sistema delle chiese romaniche, mentre il seguente S. Donato fu caratterizzato da un impianto molto complesso, con una pianta centrale e simmetrica organizzata intorno ad un ampio spazio vuoto. Anche se la presenza del 'Pionta' e del luogo originale della sepoltura di San Donato rimanevano in uno stato latente nella memoria della popolazione, gli edifici sulla collina vennero demoliti e i loro materiali, probabilmente, furono in parte riutilizzati altrove, mentre solo parti minori delle precedenti chiese e cappelle vennero riutilizzate e adattate in combinazione con nuove costruzioni: soprattutto la piccola chiesa di S. Stefano, costruita nel 1610 (Armandi, 2003), al di sopra di una piccola cripta rimanente dall'insediamento originario (Tristano, Molinari, 2005). Vari interventi attraverso i secoli hanno riorganizzato il terreno della collina e dopo alcuni primi interventi all'inizio del XX secolo (Galli, 1915), solo a partire dal 1960 (Donati, 1965) è stata avviata una vera campagna di scavo archeologico per scoprire i resti dell'antica città (Melucco Vaccaro, 1991). Sono state portate alla luce le rovine della chiesa romanica di Santa Maria e Santo Stefano e nelle seguenti campagne archeologiche sono stati portati alla luce numerosi resti minori Melucco Vaccaro, 1985). Ma gran parte di questo insediamento è ancora misterioso e poco chiaro. Non ci sono al momento tracce significative della cattedrale di San Donato, o delle mura originali che proteggevano la cittadella. L'organizzazione e l'aspetto della zona sono appena testimoniate da alcuni affreschi e disegni, che includono una vista in pianta di San Donato fatta da G. Vasari il Giovane (Stefanelli, 1970) prima della demolizione, ma la maggior parte degli edifici sembrano scomparsi e per questi non esistono rappresentazioni o testimonianze chiare, né ci sono resti dei loro basamenti. Nel 2014 una nuova ricerca sull'area archeologica del Colle del Pionta è stata avviata sulla base della collaborazione tra l'associazione culturale "Academo, Roberta Pellegriani" e il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze. La prima fase di intervento ha riguardato il rilievo digitale completo di tutta l'area archeologica. L'organizzazione del rilievo ha seguito molteplici azioni. Come prima operazione l'intera area del sito della chiesa dei SS. Maria e Stefano è stata fotografata da drone, utilizzando un modello Aeromax dotato di una fotocamera digitale compatta Canon PowerShot S100 12.1Mp (che

offre la ripresa RAW e la funzione GPS). Le immagini sono state scattate da un'unica altezza, con la macchina fotografica allineata in maniera parallela al suolo per la maggior parte delle riprese e con solo pochi scatti presi da una posizione inclinata. Tutti gli scatti sono stati presi in formato RAW e questo ha permesso il recupero di una sensibile quantità di dettagli dalle aree in ombra. Infatti le condizioni meteorologiche al momento di questo rilievo non erano ottimali, con un cielo chiaro e un sole luminoso e, di conseguenza, ombre profonde. L'indagine aerea totale è stata effettuata nel tempo di una mattina, con una sessione di scatto complessiva di 1,5 ore (secondo i dati dal primo all'ultimo scatto). Le immagini sono state successivamente utilizzate per creare un primo modello 3D strutturato dell'area. Questo è stato realizzato utilizzando un processo fotogrammetrico, nel caso specifico con l'uso del software Agisoft Photoscan. Questa soluzione ha prodotto un modello di facile gestione, pratico e capace di dare una prima visualizzazione generale del sito, con tutti gli elementi principali visibili e leggibili. La successiva fase del rilievo digitale è stata condotta sotto forma integrata, combinando l'impiego di una unità Laser Scanner 3D con l'uso di una rete topografica creata con stazione totale. Si tratta di una soluzione abbastanza classica e che ben si è adattata ad una situazione come questa, consentendo la riduzione delle sovrapposizioni tra le singole scansioni e facilitando le operazioni di allineamento tra nuvole di punti. Lo scanner laser 3D utilizzato è stato un tipo di phase-shift, un Zoller+Fröhlich Imager 5006h. Il posizionamento delle stazioni di scansione è stato deciso in base alla conformazione e alle condizioni specifiche del terreno e dei resti. Le indagini sono state completate in 112 stazioni di scansione, tutte operate in modalità panoramica completa e sfruttando le caratteristiche dello scanner laser 3D in uso, capace di eseguire la scansione di 360° sull'asse verticale e 310° sull'asse orizzontale. Il sito ha una vegetazione generosa, con vari alberi e cespugli e allo stesso tempo ha diversi spazi 'vuoti' privi di strutture rilevanti, le aree scavate si trovano ad una certa distanza l'una dall'altra, ma il non mancano zone in cui il terreno stesso può risultare interessante. Quindi la rete topografica ha funzionato bene nel collegare insieme tutte le scansioni e consentendo una più bassa densità delle scansioni per il terreno e le parti di collegamento e applicando un alto livello di dettagli solo per le parti scavate e per i settori in cui fosse veramente necessario.

La successiva fase del trattamento dei dati è stata dedicata all'allineamento delle nuvole di punti; Questo è stato fatto usando Leica Geosystem Cyclone. La rete topografica è stata alla base di tutta questa fase, ma per garantire un valido risultato ogni paio di scansioni sono state consolidate utilizzando la corrispondenza geometrica tra le nuvole: il cosiddetto 'cloud constrain'. Questo processo ha richiesto un certo tempo e ha prodotto il primo modello in forma di nuvola di punti 3D dell'intero sito archeologico. Durante la successiva elaborazione

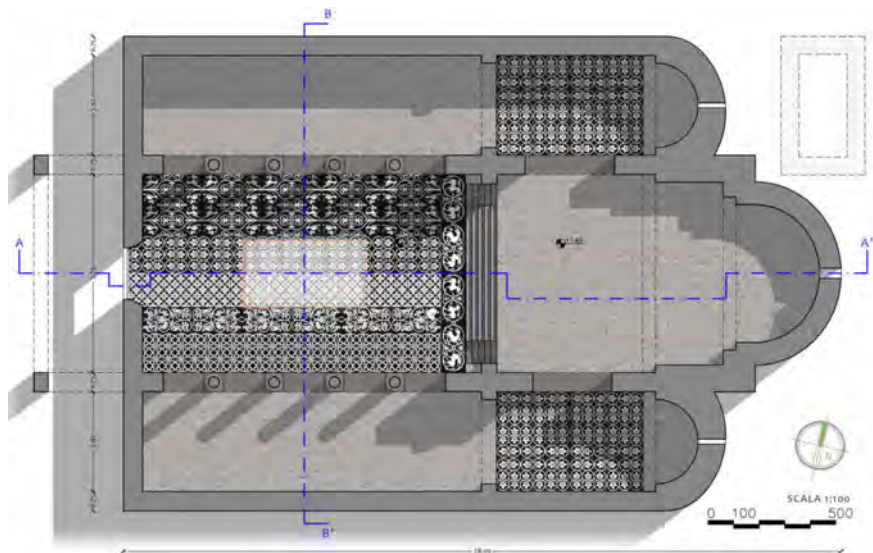
post-trattamento delle nuvole di punti l'attenzione è stata rivolta agli alberi, le parti delle nuvole di punti che li descrivevano sono state separate e decimate. In questo modo il volume complessivo dei dati è stato semplificato a poco meno di due miliardi di punti. Così era ancora un set di dati 'pesante', utile per l'estrazione di elaborati con elevato livello di dettaglio, ma non direttamente impiegabile per utilizzo interattivo. Una ulteriore versione della point cloud globale è stata esportata in Bentley Pointools Viewer con interessanti vantaggi nell'interazione e nelle prestazioni visive. Il set di dati è stato successivamente suddiviso in più parti, secondo la struttura del sito. Sono state effettuate indagini fotogrammetriche specifiche per i principali reperti, come urne romane in marmo, mosaici originali e resti decorati. Il trattamento dei dati del rilievo, la lettura delle tracce architettoniche e l'interpretazione dei progetti originali sono stati fatti secondo un processo proprio della logica dell'architettura e della retroprogettazione.

Mentre il trattamento dei dati dal rilievo proseguiva, al stesso tempo è stata portata a termine un'indagine specifica sullo stato delle conoscenze sull'area del Colle del Pionta. Queste due linee di ricerca costituiscono la base di un'ipotesi di partenza per una mappa dei successivi scavi possibili. Infatti altre soluzioni comuni per indagare le aree di scavo (come l'indagine georadar e l'analisi visiva delle anomalie) risultano qui scarsamente utilizzabili. Questo limite è dovuto alla forte trasformazione del terreno che si mescola con le rovine e le parti frammentate. In questo modo i dati raccolti possono risultare molto 'rumorosi', e quindi solo uno scavo diretto, progettato da linee guida chiare, può dare reale riscontro di quanto effettivamente presente. I concetti alla base del ragionamento architettonico sono rapidamente elencabili: la collina ospitava una cittadella molto ricca, con la presenza di due cattedrali, quella più antica dedicata a Santa Maria e Stefano e quella più 'nuova' disegnata da Maginardo nell'XI secolo e dedicata a San Donato, oltre alle cattedrali erano presenti una serie di cappelle minori e piccole chiese, erano presenti mura difensive e un tessuto di edifici e strutture non definiti che componevano il tessuto urbano vero e proprio. Il tutto era stato costruito su vecchi resti, provenienti dalla modesta fase etrusca e da quella romana. Ma anche se doveva essere ben costruita tutta la cittadella in ogni singolo edificio è stata demolita fino al basamento, un'operazione svolta in un tempo indefinito, ma portatrice della scomparsa quasi completa di ogni costruzione. Ma soprattutto: nessuna traccia della Cattedrale di San Donato, nessuna traccia delle mura di difesa. La maggior parte delle parti restanti sembra provenire da un livello che era già sotterraneo al momento delle demolizioni. Sembra più appropriato non tanto formulare la domanda "Dove sono i resti?" Ma "Perché ci sono ancora resti presenti?". Poiché lo stato delle rovine e dei resti rimane per la maggior parte concentrato nelle aree

scavate, è stato deciso di procedere a partire dal rilievo digitale e dallo stato delle conoscenze confrontando altre architetture e ottenendo un rilievo digitale di tutti gli elementi ‘connessi’ all’insediamento originario e alle sue architetture. Mentre la raccolta di tutte le possibili indicazioni era ancora in corso, il modello virtuale di tutta la zona, nel suo stato effettivo, è stata completata, consentendo la presentazione e la navigazione di tutto il sito archeologico in forma di nuvola di punti e di modello di superfici con texture per l’antica Basilica. Lo studio e l’analisi delle tracce e delle indicazioni architettoniche permettono l’interpretazione graduale del disegno originale delle parti più grandi degli edifici. Tutti gli strumenti digitali, dall’indagine al trattamento dei dati, fino alla post-elaborazione delle informazioni sono stati utilizzati concentrandosi sulla volontà di capire e scoprire le tracce originali di questo luogo. Il primo ad entrare nel processo per scopi multimediali è stato il settore delle rovine della Chiesa dedicate ai Santi Maria e Stefano. Questo è effettivamente il monumento ‘meglio’ conservato di tutta la collina, ma poco più di una collezione di pareti basse, sepolture e frammenti. Rimane tuttavia l’unica architettura chiaramente leggibile e un riferimento molto importante per qualsiasi ulteriore studio. Il set di dati di questa struttura antica è stato trattato con una pratica ben consolidata, derivata dalle soluzioni grafiche dei videogiochi e ancora utile per l’uso con elementi del Patrimonio Costruito. Partendo dalla nuvola di punti della rovina della chiesa è stata isolata il gruppo di dati strettamente relativo a questa chiesa. Questo è stato utilizzato per la generazione di un modello per superfici poligonali definito ‘High Poly’ (ad alto numero di poligoni): questo modello molto complesso è stato esportato utilizzando il formato OBJ in Raindrop Geomagic Studio. Utilizzando gli strumenti specifici di questo software è stato decimato per diventare un modello ‘Low Poly’ (a basso numero di poligoni). Il modello ‘High Poly’ è stato quindi utilizzato per estrarne i dettagli in forma di normal map e di displacement map; Questi due insiemi di dati bitmap sono stati applicati nuovamente sul modello ‘Low Poly’. In questo modo il modello leggero è stato in grado di essere utilizzato con facilità nell’uso multimediale e interattivo, apparentemente conservando il livello originale dei dettagli. Per le pareti rimaste di S. Maria e Stefano la decimazione è stata abbastanza forte, il modello originale, formato da circa sei milioni di facce, è stato utilizzato per applicare la texture. Questa è stata creata a partire da una grande serie di scatti ripresi sulle rovine al momento della campagna rilievo. Dopo l’estrazione delle normal/displacement map e la decimazione, la nuova superficie è ridotta a sole 50mila facce, ma ancora ricca di dettagli e utile per la lettura e l’interpretazione del luogo in forme multimediali. L’elaborazione e applicazione della texture è stata condotta usando Maxon Cinema 4D, il modello è stato poi esportato nuovamente in formato OBJ e DAE per ulteriore utilizzo in multimedia e software interattivo.

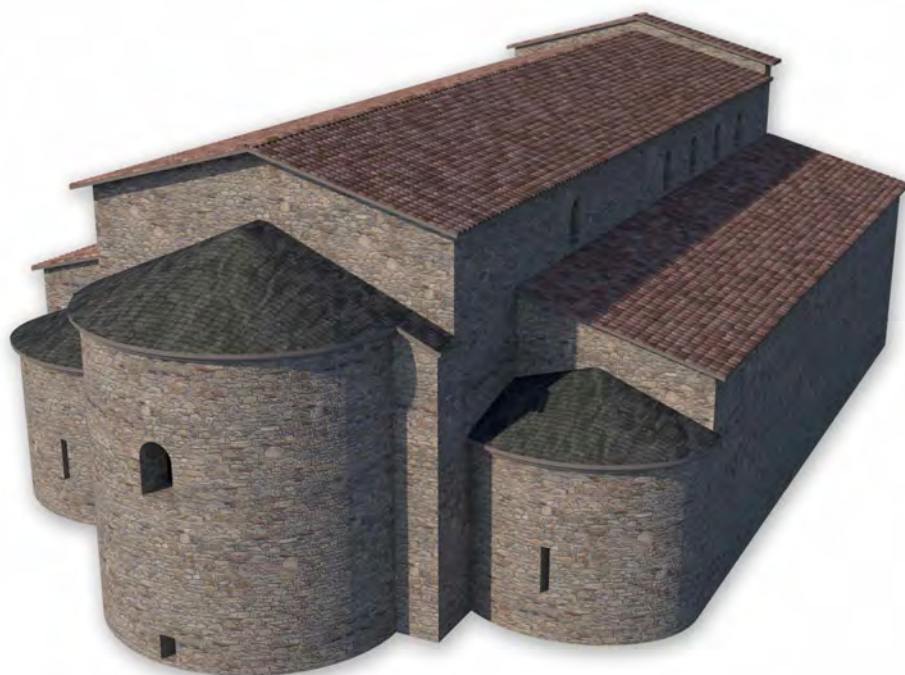


**Ricostruzione
della pianta
della chiesa dei
Santi Maria e
Stefano**
(Iacopo Giannini,
2015)



Dalle basi del rilievo digitale sono state inoltre estratte tutte le rappresentazioni più tradizionali, ovvero una pianta complessiva ed una serie di sezioni, successivamente impiegate per lo studio di ricostruzione. I resti della cripta, delle mura e delle precedenti ricerche e studi archeologici hanno offerto la base per una riflessione architettonica su questo edificio. La pianta della prima chiesa è stata confrontata con altre simili per periodo storico e soluzione architettonica, come San Salvatore ad Agna, Pistoia e Santa Eugenia a Bagnoro, Arezzo. Queste due chiese sono in condizioni ben conservate e sono state utili per comprendere meglio l'aspetto generale delle altezze e delle sezioni della chiesa rasa al suolo. Lo studio della sua costruzione geometrica, basato su una unità propria di quel tempo: il 'braccio fiorentino'. Lo sviluppo di tutte le griglie è stato fatto a partire dalla traccia della pianta e di pochi altri resti. Questa fase della ricostruzione è stata molto utile nella definizione di una griglia spaziale, in grado di estendersi anche oltre l'area strettamente scavata e consentendo una migliore comprensione delle proporzioni di ciascuna parte. Ad integrare il progetto digitale, i mosaici trovati durante lo scavo negli anni '60 e ora conservati nella chiesa di S. Stefano sono stati 'virtualmente' riportati nella pavimentazione e ampliati nel loro pattern fino a riempire tutto lo spazio della pavimentazione della chiesa. Questo è stata anche una verifica efficace: la nuova trama ipotetica ha dimostrato di essere perfettamente conforme a quanto modellato. Partendo da questa pianta e interpolando le informazioni visive e formali delle chiese paragonabili, si è sviluppato un

pagina a fronte
**Ricostruzione
della chiesa dei
Santi Maria e
Stefano**
(Iacopo Giannini,
2015)



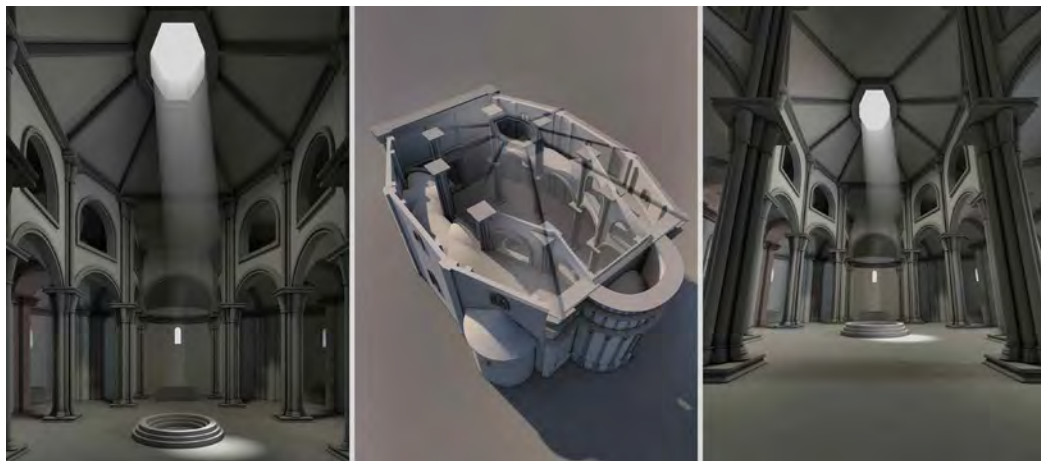
modello tridimensionale complessivo, ovviamente oggetto di forte astrazione, ma utile a cogliere l'aspetto complessivo che questo edificio poteva avere. La soluzione semplice, da chiesa della prima Cristianità, permette di intuire come una cattedrale di questo tipo potesse risultare non del tutto consona alla definizione di una città 'modello' come doveva essere la cittadina del Pionta.

Intentare una ricostruzione digitale della cattedrale di San Donato è stata invece operazione ben più complessa. Pur esistendo vari spunti iconografici, la totale mancanza di evidenze archeologiche ha portato a dover procedere in maniera ben diversa rispetto a quanto attuato per la chiesa dei SS. Maria e Stefano. Per prima cosa è stato necessario costituire un archivio di tutte le basi grafiche antiche che potessero contribuire all'operazione di ricostruzione.

Quindi una nuova serie di rilievi inerenti le rovine sulla collina del Pionta sono stati condotti non su sito archeologico, ma su diversi esempi iconografici che testimoniano, ognuno in propria maniera, l'aspetto originale della cittadella. Alcuni di questi sono molto interessanti e quindi ne sono state disposte specifiche indagini fotogrammetriche. Il primo soggetto è stato lo stemma inciso sulla porta principale di architrave di "St. Maria del Duomo vecchio" nel centro di Arezzo, che ospita anche un frammento di affresco, attribuito a Spinello Aretino e trasportato lì, proveniente dalle chiese del Pionta. Lo stemma probabilmente è stato realizzato immediatamente dopo la distruzione della cittadella. Il secondo soggetto è stato un pannello d'argilla per altare, ora situato nel Museo d'Arte Sacra Diocesana di Arezzo e raffigurante una veduta complessiva della cittadella del Pionta, in cui risulta abbastanza ben riconoscibile il prospetto tergale del San Donato. Per entrambi questi elementi la fotogrammetria era basata sull'uso di Agisoft Photoscan, con l'utilizzo di una singola misurazione effettuata sul posto al fine di mettere il modello finale in scala. L'utilizzo di modelli 3D per studiare tali elementi è risultato molto interessante, perché consente la lettura dettagliata della forma degli elementi e consente di osservarli secondo diverse e specifiche prospettive. Per le altre rappresentazioni del San Donato al Pionta, trattandosi di dipinti o disegni, è stato sufficiente una digitalizzazione con un semplice scanner piano per creare una copia digitale a partire da una riproduzione di buona qualità di questi documenti. Uno di questi è attualmente conservato "Gabinetto dei Disegni" del Museo degli Uffizi ed è opera di Giorgio Vasari il Giovane, disegno che mostra la pianta del San Donato. Si tratta di un documento molto importante, che descrive una rara e innovativa chiesa medievale (Pizzi, 1995), con un'organizzazione spaziale che attraversa tutto uno spazio centrale, qualcosa esistente in altre architetture, ma molto raramente in quell'epoca, per individuare chiese costruite con

questa soluzione e ancora esistenti si deve avanzare di vari secoli rispetto alla realizzazione di questa cattedrale. La combinazione di questo disegno con le altre tracce lasciate nei dipinti e nelle sculture, oltre che le suggestioni individuabili in chiese paragonabili seppur da altre epoche, sono le uniche basi possibili per avviare una ricostruzione virtuale della chiesa di San Donato. Diverse idee provenienti da studi precedenti, la maggior parte dei quali orientati a trovare un riferimento nel San Vitale di Ravenna. Certo era un edificio estremamente particolare: ricco, articolato, ‘sperimentale’ per il suo tempo, il suo progetto sembra palesare lo sforzo di trovare un equilibrio tra la necessità di una cattedrale e il mantenimento di uno spazio centrale, aperto verso tetto. Per questa natura complessa si creano molte difficoltà nel trovare edifici esistenti di riferimento, nessuno di loro sembra disponibile in Toscana, fatta forse eccezione per la chiesa di Monte Fiascone, ma che essendo stata fortemente trasformata offre un riferimento difficilmente utilizzabile. Allo stato della ricerca è stato possibile trovare due interessanti riferimenti: la chiesa di S. Sofia a Benevento e la chiesa di S. Erasmo a Capaci. Entrambi non devono essere considerati in relazione con il San Donato, ma probabilmente presentano una somiglianza nell’aspetto spaziale, con un volume centrale che articola e definisce la forma della chiesa. Le due chiese provengono da diversi periodi storici, ma entrambi presentano la complessa volontà di progettare uno spazio centrale che si sviluppa nelle navate della chiesa, la percezione che si ha entrandovi non è quella di uno spazio strettamente centrale, le navate laterali e l’asse verso l’altare sono ben presenti, ma lo spazio centrale appare aprirsi e quasi sorprendere il visitatore, un effetto di certo presente anche nell’originale San Donato. La definizione della ricostruzione digitale è stata operata usando direttamente un processo di modellazione 3D basato sulla pianta realizzata da Vasari il Giovane, partendo dall’interno e poi passando alle absidi, poi all’indietro e alla fine completando i lati esterni. Per l’interno un matroneo è stato pensato per rendere più forte il legame di questa chiesa con il San Vitale a Ravenna, capolavoro romanico che è considerato un riferimento diretto per l’opera di Maginardo da molti studi precedenti. Lo sviluppo del modello conferma la complessa e ricca caratteristica di questa architettura, confermandola come uno dei più peculiari edifici perduti di quell’epoca.

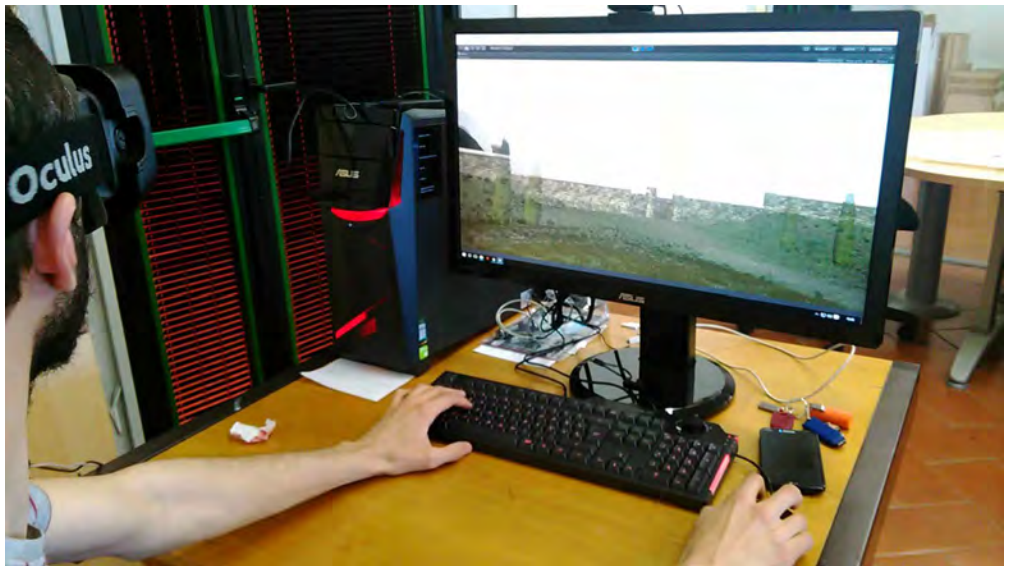
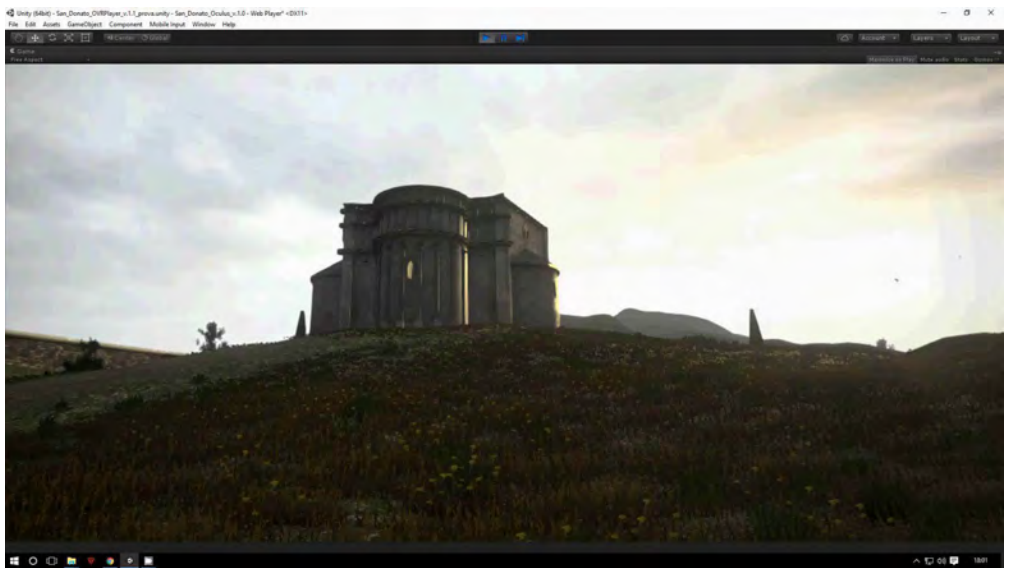
La ricostruzione digitale è quindi tornata a cogliere indicazioni dalla vista dell’impianto realizzata da Vasari il Giovane: questa è stata orientata e portata in scala grazie alla presenza nel disegno di note chiare per permettere questa operazione, un riferimento in scala e indicazioni di orientamento. Una volta completato l’allineamento e messa in scala della pianta può sorgere però un dubbio particolare: collocando questo disegno sulle rovine della chiesa di S. Maria e S. Stefano i due impianti appaiono conformi, è possibile supporre che il San Donato fosse costruito sopra la chiesa precedente, un rinnovamento della cattedrale al posto di una



**Ricostruzione
della Cattedrale
di San Donato al
Pionta**
(Mirco Pucci,
2016)

doppia cattedrale. Nessuna testimonianza può sostenere questa idea e l'attuale interpretazione dei documenti di archivio ha individuato indicazioni ben orientate a dimostrare la compresenza delle due chiese. Ma in mancanza dell'individuazione dei resti dell'opera di Maginardo, questa può diventare una speculazione interessante. Si tratterebbe di un intervento già accaduto in altri contesti, la vecchia chiesa lascia spazio a quella nuova, l'antico basamento rimane sotto al nuovo edificio. Un esempio ben noto è vero per la stessa Cattedrale di Firenze, Santa Maria del Fiore sorta sopra la precedente Santa Reparata. Questa ipotesi potrebbe altresì spiegare l'eccezionale permanenza dei resti della chiesa dei Santi Maria e Stefano: questi sarebbero stati già sotterranei al momento della demolizione e quindi trascurati dalle operazioni di distruzione completa. Ovviamente non c'è modo di dimostrarlo e di certo si tratta di una teoria non sostenibile nella mancanza di reperti chiari e contro l'evidenza di alcuni documenti di archivio. Ma come mero esercizio di indagine appare un interessante esempio di come, spostando la domanda da "Dove si trovano i resti?" a "Perché ci sono ancora dei resti?" si possa arrivare a congetture intellettualmente stimolanti. Successivamente al completamento delle ricostruzioni, come prima operazione per la possibile esportazione e condivisione dei materiali provenienti da questa ricerca, tutti i principali modelli sono stati portati all'interno della comunità online di Sketchfab.com, questo servizio e sito consentono la navigazione in tempo reale di alta qualità e contemporaneamente di proteggere i contenuti originali 3D da utilizzi non autorizzati. I risultati sono facili da navigare e vengono presentati con una alta qualità grafica. I modelli sono stati così ben integrati all'interno dell'interfaccia del sito web. In questo modo, chiunque interessato alla tematica del Colle del Pionta, sia

pagina a fronte
**Simulazioni in
realtà virtuale
con Oculus
Rift della
ricostruzione
della Cattedrale
di San Donato al
Pionta**
(Carlo Gira, 2016)



studiosi che semplici curiosi, possono esplorare e analizzare i modelli 3D di questa zona monumentale e ancora capace di nascondere delle risposte, e quindi apprezzare l'articolazione di un certo numero di parte di questo complesso puzzle storico e architettonico. Nel proseguo dell'attività di studio sulla cattedrale di San Donato è stato inoltre definito un modello visitabile per realtà virtuale immersiva (Verdiani, Pucci, Gira, 2016), sviluppato sia per permettere un accesso al modello virtuale, sia per permettere una consultazione del modello

con percezioni simili a quelle che si avrebbero con un modello reale, utili a coglierne quindi le caratteristiche spaziali e quindi utile confronto con le altre chiese visitate. Un utile paragone orientato a stimolare ed ampliare la comprensione di uno spazio architettonico di cui non è rimasta alcuna traccia reale.

Riferimenti per questo capitolo: L'associazione culturale Academo, "Roberta Pellegrini" ha sponsorizzato la ricerca e ha sostenuto tutta la fase del progetto di ricostruzione virtuale, il sito web dell'associazione è <http://www.arezzoperlastoria.it/>. Il gruppo di ricerca del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze è stata composta da: Giorgio Verdiani (coordinatore), Francesco Tioli (Rilievo topografico), Andrea Pasquali, Angela Mancuso, Mirco Pucci, Iacopo Giannini, Giulia Chiti, Anna Frascari. Le riprese fotografiche aeree sono state effettuate utilizzando un'unità Aeromax Drone Unit, l'indagine è stata gestita da Delta G, Arezzo, con il coordinamento di Renzo Tavanti. Trattamento dei dati: Giorgio Verdiani, Mirco Pucci, Angela Mancuso, Iacopo Giannini, Giulia Chiti. Le operazioni di modellazione 3D e di trasposizione a modelli interattivi è stata condotta da: Giorgio Verdiani, Mirco Pucci, Carlo Gira, Iacopo Giannini. L'indagine geologica e l'analisi dei materiali sono stati coordinati dal dott. Serena di Grazia. Un ringraziamento speciale alla dott.ssa Silvia Vilucchi, responsabile della Soprintendenza Archeologica dell'Area Arezzo, per il sostegno e per la creazione della collaborazione tra DiDA e Academo, ultimo ma non meno importante, un sentito ringraziamento all'arch. Andrea Innocenzo Volpe per la promozione di attività collaborative e occasioni di ricerca tra Università e Istituzioni nel campo dei Beni Culturali.

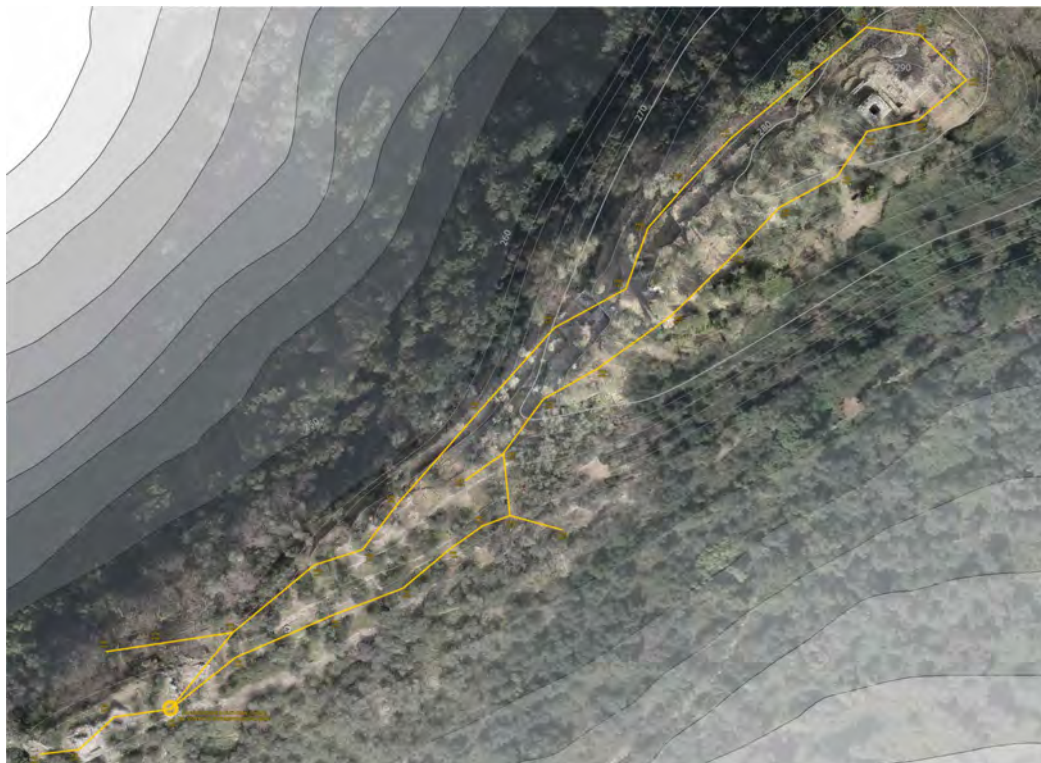
Caso di studio 4
**La fortezza di Montecastrese
a Camaione**





**Caduta della
fortezza
di Montecastrese**
ricostruzione
grafica
(Panaiotis
Krukliadis,
2015)

In questo caso di studio l'obiettivo è stato quello di formulare un'ipotesi ricostruttiva su come il villaggio fortificato di Montecastrese, in Versilia, apparisse nel tempo in cui era un luogo vitale e di come si fosse evoluto nell'arco del suo sviluppo. Per fare questo, è stato necessario analizzare lo stato delle conoscenze e degli studi condotti in precedenza, che sono risultati da subito relativamente contenuti in virtù della natura di tema 'minore' anche se notevolmente suggestivo di questo insediamento e, ovviamente, studiando i resti archeologici presenti sull'area della fortificazione. In parallelo è stato condotto un confronto con altri castelli di questa zona ed è stata eseguito uno specifico rilievo dell'area di pertinenza dell'insediamento, con conseguente produzione di modelli tridimensionali virtuali e, cosa molto specifica, di una serie di modelli prodotti per stampa 3D per supportare direttamente formulazione delle ipotesi di ricostruzione. Montecastrese era probabilmente il castello più importante e tra i più popolati della Versilia. Infatti, nel Medioevo, questo settore a ridosso della costa toscana contava un gran numero di castelli, molti dei quali oggi scomparsi o di cui restano solo alcune rovine invase dalla vegetazione o situate in posizioni di difficile accessibilità. Storicamente, la fortezza di Montecastrese cadde e venne completamente smantellata dopo la conquista dell'area, nel 1224, da parte dell'esercito di Lucca. Infatti, tra il XII e il XIII secolo la Versilia fu coinvolta in una lunga guerra tra Lucca e Pisa per la Controllo della costa. I signori locali dovevano affrontare l'espansione delle due città, facendo alleanze con loro (Antonelli, 1995). Molti dei castelli furono gradualmente presi e distrutti, finché Lucca non completò l'occupazione della Versilia nel 1254. Dopo una vittoria, la pratica operata dall'esercito di Lucca era quella di distruggere tutti gli edifici militari e i relativi annessi appartenenti al nemico sconfitto (Panero, Pinto, 2009). Così, dopo la conquista del castello di Montecastrese, la torre principale fu abbattuta volontariamente, come mostrato dalle tracce delle operazioni di realizzazione di una 'mina' (Gattiglia, Anichini, 2009), ovvero di un'opera di parziale demolizione intesa a danneggiare gravemente la parte basamentale di una costruzione e causare il crollo dell'intero edificio con una certa 'sicurezza' per chi operava la distruzione. Il processo di demolizione con la mina era abbastanza rapido ed è ben noto tra



⬆
Il sito di Montecastrese e la rete topografica usata per coordinare il rilievo digitale
 (Martina Carrara, Angela Mancuso, Francesco Tioli, Stefano Lami, 2015)

pagina a fronte
Unità laser scanner 3D al lavoro sui ruderi della torre nord, marzo 2015

le tecniche di assedio precedenti all'epoca Moderna. Chi la operava praticava uno scavo piuttosto profondo nella muratura o al di sotto di questa, tale da poter causarne il crollo, ma sosteneva tutta la struttura con pali in legno, capaci di funzionare come supporto temporaneo per tutta la durata delle operazioni; questa tecnica era usata in genere per attaccare le cinte murarie (Cassi Ramelli, 1996), ma in questo caso è stata adottata per causare il crollo della torre. Quando lo scavo risultava abbastanza profondo, la struttura in legno veniva incendiata e non appena questa veniva consumata dalle fiamme il crollo dell'edificio aggredito era inevitabile. Nel caso della Torre nord, l'intervento distruttivo ne ha causato il crollo sulla parte nord-orientale del sito, ma probabilmente con effetti imprevisti, visto che la torre non è andata subito in rovina, ma si è ribaltata ed è rimasta integra di fronte alla sua posizione originale. Questo particolare rudere è rimasto in condizioni di una certa completezza fino a tempi recenti, in cui, pare a seguito di una scossa sismica avvenuta negli anni '70, una parte della torre si è distaccata abbattendosi nel bosco in direzione ovest. Il resto dell'insediamento è stato distrutto in maniera metodica



e completa. Gli abitanti di Montecastrese furono costretti a trasferirsi nella Città Nuova di Camaiore, fondata da Lucca. Il sito fu abbandonato fino a quando, alla fine del XV secolo, questa zona tornò ad essere utilizzata ad uso agrario con la coltivazione degli ulivi. Il lungo abbandono e la non semplice accessibilità ai ruderi ha contribuito alla parziale conservazione dei resti archeologici. I materiali di costruzione delle strutture originali sono stati in buona parte impiegati per la costruzione di muri di contenimento dei terrazzamenti realizzati per favorire la coltivazione dell'area. Nel corso del XX secolo una serie di scavi hanno portato alla luce tutti i principali resti di questo insediamento (Gruppo Archeologico Camaiore, 2005) e nel 2015 il Comune di Camaiore ha richiesto un'indagine digitale completa della zona per documentare meglio il sito e contribuire al museo locale dedicato alla storia del territorio cittadina.

Nella zona di Camaiore è possibile individuare i resti di 15 siti fortificati, che possono essere suddivisi in tre categorie tipologiche principali, secondo la loro destinazione e finalità d'uso:

- Villaggi fortificati, con o senza cassero (dalla parola latina *castrum*, indicando un campo militare fortificato: utilizzato nei castelli per indicare la loro parte superiore con edifici fortificati);
- Edifici di presidio posti nelle campagne, spesso con terreni annessi e nel tempo completati da vari edifici sorti nel loro immediato intorno;

- Fortificazioni militari, costruite in punti strategici e gestiti da piccole unità di soldati dedicati in modo specifico alle singole postazioni.

Montecastrese appartiene alla categoria dei villaggi fortificati con cassero. Il castrum era situato sulla cima della collina di Monte La Torre (circa 290 metri sul livello del mare), una posizione emergente e dominante sulla città di Camaiore. Si trattava di una posizione strategica, posta tra due fiumi, con una buona vista sulla valle di Camaiore, così come su alcune strade e un passaggio verso le miniere d'argento e di ferro. Le indagini archeologiche hanno già definito lo sviluppo della zona di Montecastrese: il primo insediamento venne realizzato con strutture lignee e quindi deperibili, fondato e persistente tra il VIII e il X secolo, il castello è quindi andato gradualmente a completare il suo sviluppo intorno al dodicesimo secolo (Gattiglia, Tarantino, 2013). Il castello era costituito da un doppio muro: il primo conteneva il cassero, che era la parte più alta del castello, ed era probabilmente abitato dai soldati; Il confine inferiore invece racchiudeva un villaggio che nella sua massima espansione aveva raggiunto il numero di circa cento case. Questi edifici erano prevalentemente posti sul lato sud-ovest della collina, evidentemente per meglio sfruttare la luce solare.

Considerando il numero delle case e l'area coperta dal villaggio (circa 15.000 metri quadrati) è possibile stimare che qui vivessero circa cinquecento abitanti. L'eventualità che tutte le strutture della fortificazione fossero utilizzate nello stesso periodo viene confermato dai ritrovamenti archeologici, che riguardano vari e numerosi oggetti d'uso ritrovati su tutta l'area. Da ciò l'ipotesi che Montecastrese possa essere considerato il più popoloso e grande castello della Versilia. Due torri quadrate erano state erette entro il cassero, posizionate nelle estremità nord-orientali e sud-occidentali lungo il crinale della collina. La torre nord era probabilmente il mastio (cioè la torre principale e l'ultimo rifugio); Era circondata da una parete difensiva chiusa sul lato est da una guardia. La torre sud, invece, era collegata ad un precedente edificio rettangolare, che si ritiene essere un dongione (una torre residenziale) dagli archeologi, dominando la valle di Camaiore.

L'analisi e la ricostruzione della torre nord sono state un punto focale in questa ricerca. Di questo edificio oggi rimangono vari resti significativi: quanto rimane della base dove venne eseguito il taglio per la mina ed il corpo principale crollato che si trova ancora sul terreno, diviso in due parti. Nella zona circostante queste parti principali è possibile notare altri frammenti di medie e grandi dimensioni, mentre è probabile che altre porzioni siano andate perdute, scivolando a valle lungo i pendii della collina. L'aspetto impressionante dei resti di questa struttura, circondata dal bosco e molto 'evocativa', la rendono un elemento di particolare interesse, un testimone di una azione antica, violenta, ma

storicamente importante, che rimane impressa nei resti di una architettura che nonostante una vicenda molto sfortunata, è arrivata nel nostro tempo fissando quel momento di bellicose scelte. I resti appaiono quasi come la concretizzazione di una immagine da un passato fantastico o della stessa carta dei Tarocchi 'La torre', qui apparentemente simbolo della fugacità dei beni materiali e delle realizzazioni umane. Una immagine di grande potenza comunicativa, presente e manifesta in una architettura reale. Senza questo intervento drastico, la torre sarebbe forse arrivata nel presente nella forma di una delle tante torri lascio del passato, mentre a seguito di questi eventi è stata fissata nel momento della sua distruzione in un simbolo degli antichi confronti per il dominio del territorio e di passate battaglie.

La campagna di rilievo digitale

Lo stato della documentazione per il complesso delle rovine di Montecastrese risultava al momento dell'avvio delle operazioni come un insieme di materiali presente, ma solo parzialmente utilizzabile per la ricostruzione digitale. Le precedenti campagne archeologiche avevano prodotto una valida base di disegni, in buona parte già realizzati in forma digitale, ma concentrati sulle singole aree di scavo e sulle principali strutture. Un rilievo complessivo di tutto l'insediamento risultava mancante ed una modellazione tridimensionale, sulla base dei rilievi prevalentemente diretti e supportate da rilievo topografico risultava difficoltosa specie per la torre nord. Infatti, per questa è stato subito definito un programma 'speciale' di acquisizione e trattamento del dato, orientato a permettere una specifica riflessione sulle fasi di crollo causate dalla mina antica e dai successivi distacchi, si voleva in altre parole raggiungere la piena certezza sulla sequenza distruttiva che aveva portato il rudere alla configurazione attuale ed avere quindi appropriate basi per formularne la ricostruzione virtuale al suo stato originario. Le operazioni di rilievo digitale sono state pianificate secondo una soluzione molto compatta, scegliendo strumenti in grado di raccogliere un elevato numero di misurazioni ed informazioni in un tempo ristretto. In questo intervento il cronoprogramma non era a favore di chi conduceva le operazioni di rilievo e restituzione, infatti le scadenze legate alla consegna dei materiali per il museo di Camaiole, in base alla convenzione stipulata in febbraio, prevedeva il completamento di questi entro la fine della primavera, che era ormai quasi imminente. A complicare le cose, la collina di Montecastrese presenta molti alberi alti, soprattutto intorno alla torre settentrionale e lungo tutto il lato occidentale. Il completamento del rilievo prima che le piante producessero le proprie foglie era una condizione prioritaria, pena un significativo aumento dei tempi di rilievo ed una maggior difficoltà nelle operazioni causate dall'aumento degli spazi di occlusione. Inoltre la presenza del fogliame avrebbe complicato tutte le operazioni di restituzione. In virtù della grande estensione



Fasi di ripresa da pallone aerostatico, vista sulla torre nord, marzo 2015

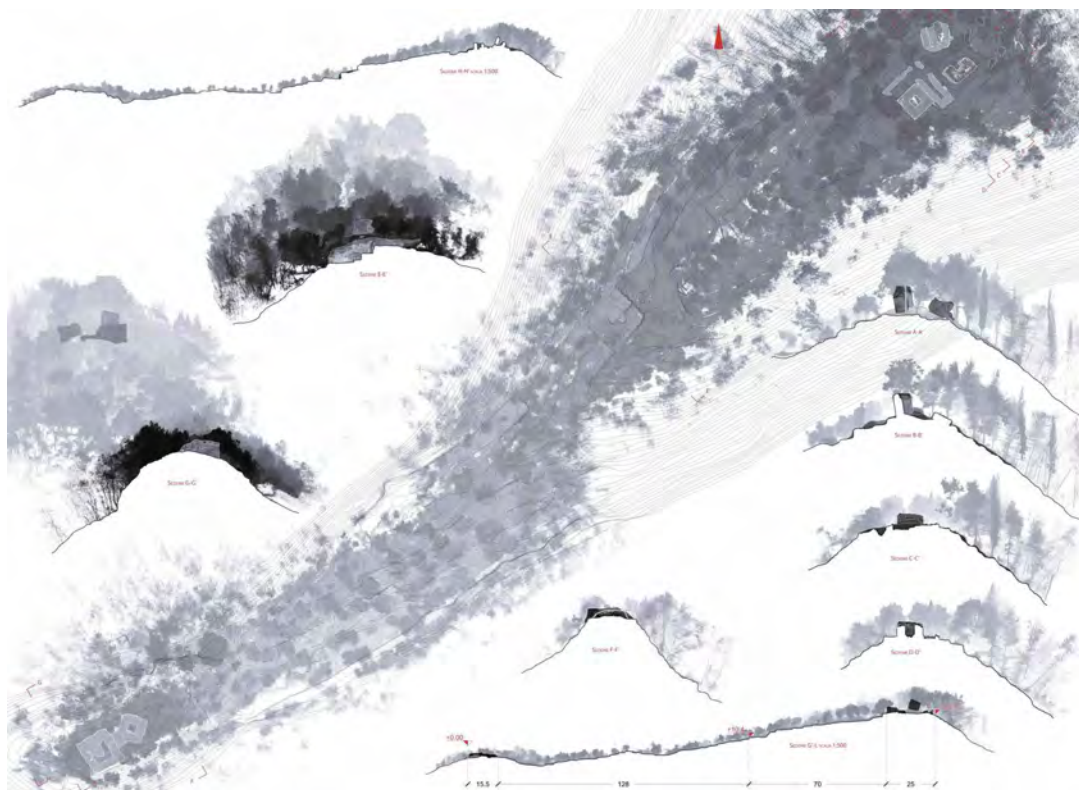
dell'area e del suo sviluppo molto allungato, oltre alla disposizione piuttosto irregolare delle rovine, si è resa necessaria l'integrazione di quattro diversi tipi di rilievo. Nello specifico: Rilievo con laser scanner 3D — Rilievo topografico (a supporto dell'indagine laser scanner e fotogrammetria) — Fotogrammetria aerea — Fotogrammetria terrestre. La campagna principale di indagine è stata condotta in tre giorni. È stata effettuato un primo sopralluogo per scegliere l'itinerario topografico e le posizioni migliori per le stazioni del laser scanner 3D. Un sistema adeguato di target piani è stato disposto lungo tutta l'area, fissandoli a elementi ben stabili e utilizzando sia target rigidi che cartacei. Per facilitare la connessione di questa rete con la fotogrammetria aerea, un certo numero di target sono stati posizionati direttamente sul suolo in aree sgombre di rovine e non occluse dalla vegetazione e bloccati con una appropriata chiodatura.

Le stazioni di scansione sono state concentrate intorno ai principali elementi costruiti, partendo dal settore della torre sud per poi muovere la campagna lungo il crinale e verso la torre nord e per poi procedere dove necessario a tornare lungo i terrazzamenti a quote differenti. Le operazioni effettuate con lo scanner laser 3D hanno portato all'esecuzione

pagina a fronte
Nuvola di punti complessiva.

Vista zenitale e sezioni

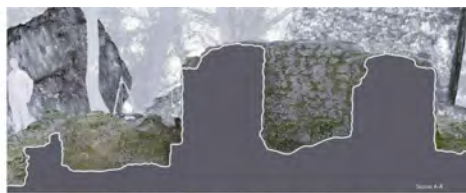
(Martina Carrara, Stefano Lami, 2016)



di un totale di 196 scansioni effettuate da 192 stazioni diverse, con l'acquisizione di circa 1 miliardo di punti.

Il rilievo topografico ha permesso di evitare la necessità di avere grandi aree sovrapposte tra le singole scansioni, in alternativa, le scansioni sarebbero dovute essere effettuate a distanze più ravvicinate, causando spesso una sovramisurazione di parti ricche di alberi e piante, poco significative rispetto allo scopo ricostruttivo e che sarebbero risultate difficoltose nelle successive operazioni di allineamento tra singole nuvole di punti. La rete topografica complessiva è risultata composta da una unica poligonale di 38 stazioni, tutti i target acquisiti dallo scanner laser 3D sono stati quindi misurati e strutturati come rete di riferimento per ciascuna postazione. Il rilievo topografico ha permesso di estendere questa rete di appoggio lungo lo stretto sviluppo della collina, i numerosi alberi e terrazzamenti non hanno rappresentato un ostacolo significativo per questo tipo di misurazione. Questa parte del rilievo è stata quindi fondamentale per dare una solida base al flusso di lavoro complessivo, riducendo al minimo la possibilità di errori di allineamento e di progressivi disallineamenti tra nuvole di punti.

Queste due fasi, strettamente basate su operazioni metriche hanno riportato la forma e la



**Base della
torre nord, resa
con fotopiani**
(Martina Carrara,
Stefano Lami,
2016)

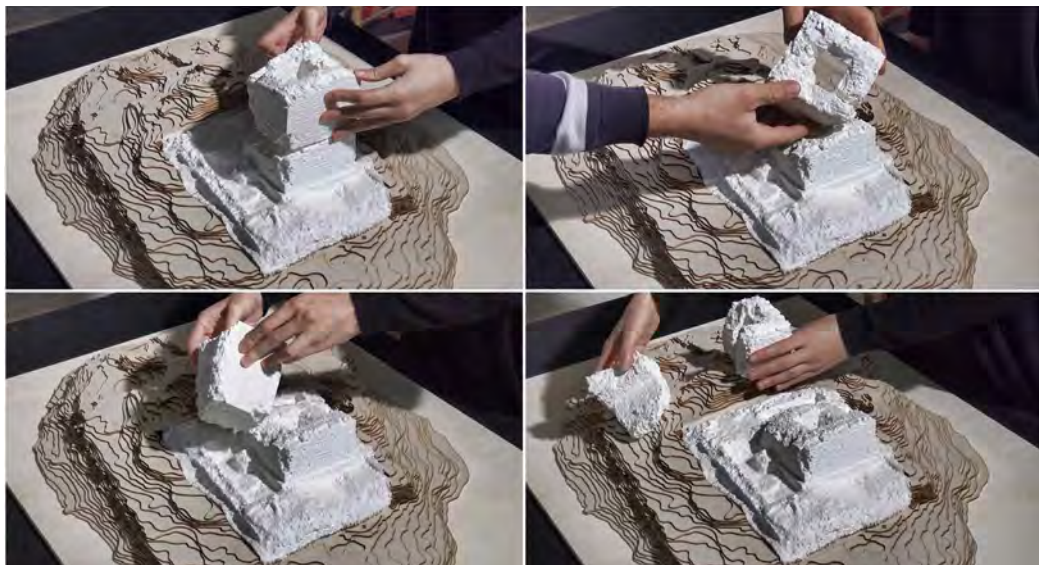
dimensione del sito, ma non la descrizione cromatica dei materiali, inoltre, a causa della presenza di una folta vegetazione e del significativo pendio, l'area coperta dal laser scanner 3D è stata abbastanza limitata rispetto alle potenzialità di questa strumentazione. Per completare la documentazione e per ampliare la copertura dell'area rilevata, è stato scelto di operare una fotogrammetria aerea dell'intero sito. A causa dei venti abbastanza robusti provenienti da entrambi i lati della collina, è stato preferito rispetto a qualsiasi altra scelta, utilizzare un aerostato a gas elio di sei metri di lunghezza e dotato di gimbal radio-controllato e fotocamera. Questo mini-dirigibile è stato in grado di affrontare le difficili condizioni causate dai venti permettendo di produrre una serie selezionata di 750 immagini, scattate con Canon 60D e Canon G10. Questo cospicuo gruppo di foto è stato quindi utilizzato per creare un modello generale utilizzando il software Agisoft Photoscan. La maglia finale è risultata composta da circa 49 milioni di triangoli, successivamente questo modello è stato semplificato per produrre una versione 'leggera' della collina e delle sue rovine, formata da circa 4,9 milioni di triangoli. I target della rete topografica, facilmente riconoscibili nelle foto aeree, hanno permesso l'allineamento del modello fotogrammetrico agli altri rilievi.

In ultimo, il rilievo fotogrammetrico terrestre è stato condotto per alcune parti risultate meno dettagliate nel rilievo laser scanner 3D (come un breve tratto di mura della torre sud poste a ridosso di questa e affaccianti ad est) e per avere una resa fotorealistica dettagliata delle due torri. Queste ultime operazioni di rilievo si sono svolte in due giornate separate, scelte per particolari condizioni meteorologiche, con cielo nuvoloso omogeneo, al fine di da avere un ombreggiamento morbido ed una illuminazione del tutto omogenea, il successivo allineamento è stato condotto per individuazione di punti omologhi tra i modelli prodotti per fotogrammetria e la nuvola di punti complessiva. Un video che mostra tutte le principali attività di rilievo operate per Montecastrese può essere consultato all'indirizzo: <https://youtu.be/tJxZACQc4yY>

Trattamento del dato e operazioni di ricostruzione 3D

Dopo la conclusione di tutte le misurazioni, l'insieme dei dati dello scanner laser 3D è stato trattato utilizzando il software Leica Geosystem Cyclone. La prima fase dell'elaborazione dei dati ha consistito nell'allineamento delle scansioni. Questa fase è stata condotta collegando le scansioni a vicenda formando gruppi successivamente allineati alla rete topografica. Quindi, la nuvola di punti complessiva è stata importata nel software Bentley Pointools e qui gestita per ulteriori elaborazioni. Questa fase è stata destinata alla produzione di rappresentazioni 2D del sito e dei resti architettonici, tutte le viste di pianta e sezione sono state prodotte usando Bentley Pointools e poi completate e raffinate in Autodesk Autocad. Questa parte del lavoro ha prodotto un impianto generale in scala 1:200 e due lunghe sezioni del crinale su una scala da 1:500, fatte per documentare chiaramente l'andamento della collina, dove la cartografia esistente è stata usata per generare un modello delle parti inferiori lungo il declivio, interamente coperto dalla vegetazione.

Una serie di piante e sezioni in scala 1:50 sono state prodotti e si sono rivelati un buon sistema di riferimento, permettendo di analizzare i resti della torre settentrionale, della zona sud-ovest e di una delle case di cassero. Il focus principale dell'attenzione è quindi caduto sui resti della torre principale. Questa ha una pianta quadrata, con uno spazio vuoto centrale, anch'esso caratterizzato da una forma in pianta quadrata, probabilmente utilizzata come serbatoio per la raccolta dell'acqua, ed evidentemente scavata direttamente nella roccia attraverso le fondamenta della torre. Il più grande dei due pezzi crollati presenta un blocco sporgente di circa 50 cm, con una scanalatura da un lato. Per avere una rappresentazione maggiormente dettagliata delle rovine, le successive rappresentazioni sono state fatte con un passaggio di scala fino a 1:20 utilizzando i modelli provenienti dalla fotogrammetria terrestre.



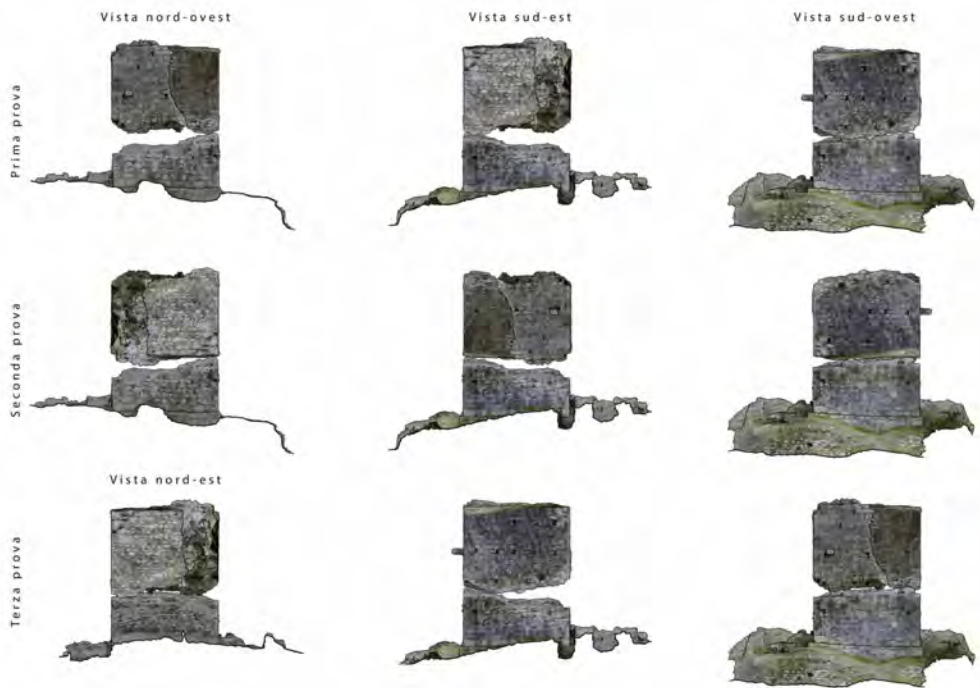
Il modello prodotto per stampa 3D della torre nord usato per simulare il processo di caduta

(Martina Carrara, Stefano Lami, 2016)

Un modello in stampa 3D come simulazione sperimentale

Per formulare un'ipotesi ricostruttiva della torre principale si è ritenuto utile creare modelli fisici rappresentativi delle rovine. L'idea era quella di utilizzare questi modelli per ricomporre la torre, 'giocando' con il modello tutte le possibili combinazioni della caduta antica. Ciò è stato fatto per comprendere meglio le posizioni precedenti delle parti, l'altezza originale della torre e la dinamica del collasso. Il modo più pratico per ottenere questi modelli dettagliati da forme talmente irregolari è stata la stampa 3D. Un set ottimizzato di superfici mesh, con tutti i 'fori' chiusi, alcuni difetti minori riparati, rumore ed elementi sparsi rimossi, è stato preparato con software Mcneel Rhinoceros 3D e specifico applicativo per stampante MakerBot (Mongeon, 2015), la scala scelta per la stampa è stata 1:20 in modo da avere tutti gli elementi abbastanza grandi, ma anche facilmente controllabili durante le successive simulazioni. La macchina da stampa MakerBot 3D produce i suoi modelli utilizzando un filamento sottile in PLA (prolattina), una plastica biodegradabile ottenuta da proteine di mais (Evans, 2012). Innanzitutto, la macchina genera una sorta di tappeto preliminare (raft), una base utile al fine di evitare scorrimenti del modello in fase di stampa. Successivamente, viene prodotta per strati sovrapposti sia la superficie esterna che la struttura interna del modello. In questo caso è stata scelta una struttura a nido d'ape che offre eccellenti resistenza (importante al fine di permettere le successive manipolazioni e sperimentazioni) ed alta velocità di produzione.

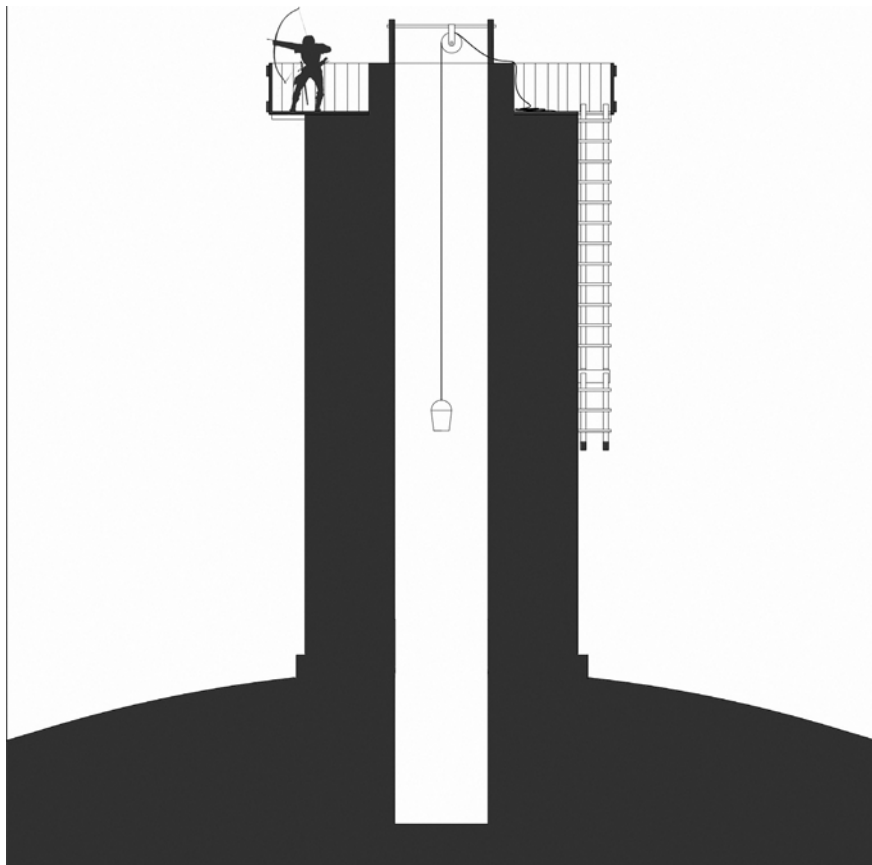
pagina a fronte
**Possibili
ricomposizioni
della torre nord
basate sugli
elaborati 2D**
(Martina Carrara,
Stefano Lami,
2016)



Al termine del processo di stampa, i modelli sono stati ripuliti manualmente da i supporti generati automaticamente per sostenere le parti sporgenti prima della loro essiccazione e dalla base di appoggio (Lipson, Kurman, 2013). Utilizzando questo gruppo di parti è stata condotta una serie di prove del loro riassettaggio. Una sequenza sperimentale di questo tipo non poteva certo fare a meno di un ‘suolo’ di riferimento secondo cui le parti si sarebbero spostate. Si è quindi scelto di realizzare un modello in cartongesso realizzato a taglio laser per curve di livello derivate dal rilievo laser scanner 3D. Una sensibile schematizzazione del reale, ma utile a porre anche delle semplificazioni tra quello che è evidentemente lo stato del suolo attuale e il suo possibile stato al momento dei crolli. Una volta posizionate le singole parti sul modello del suolo sono state esplorate e simulate tutte le varie ipotesi avanzate in passato circa la sequenza di crollo e le loro molteplici variabili, il confronto con gli archeologi ha aiutato a fare chiarezza sulle situazioni più plausibili, specie in relazione alle modalità di realizzazione dell’antica mina. Dopo una prima serie di test sono state definite tre ipotesi principali, per ogni caso è stato possibile sperimentare diverse evoluzioni che le parti avrebbero potuto compiere durante il disfacimento della torre, fino a raggiungere la posizione attuale. La corrispondenza dei corpi suddivisi in due negli anni ‘70 era perfetta e non ha lasciato dubbi, mentre la delocalizzazione di questo blocco rispetto alla sua base da cui era stato distaccato è stata oggetto di un certo dibattito. I modi di collasso descritti dai modelli hanno dimostrato in modo ben evidente quale ipotesi potesse essere considerata come corretta.



**Ricostruzione
ipotetica della
torre nord,
sezione**
(Martina Carrara,
Stefano Lami,
2016)



È importante sottolineare quanto sia facile gestire questi modelli, trovare rapidamente la soluzione alle varie ipotesi e definire quella corretta in pochi minuti di lavoro. La manipolazione diretta delle parti è stata così immediata e facile per la soluzione di questo processo da lasciare letteralmente sorpresi tutti gli operatori, pulendo il campo da qualsiasi dubbio circa la sequenza della caduta della torre. In questo modo tutti le parti sono state ricomposte alla loro posizione originale lasciando minime incertezze di posizionamento ed il modello fisico sperimentale così ottenuto ha guidato la successiva ricostruzione digitale. Le ragioni del successo di questa procedura sono probabilmente da ricercare nella 'fisicità' del modello stampato, agevole alla manipolazione, correttamente consistente e accurato nei bordi. Una simulazione esclusivamente digitale avrebbe portata probabilmente a soluzione analoga, di certo con tempi maggiori, ma soprattutto con minore

capacità di ‘convincimento’ diretto di tutte le parti concorrenti allo studio del luogo, il modello fisico, creando una sorta di ‘gioco’ accessibile a qualunque competenza, ha di fatto permesso la soluzione di ogni dubbio con una lettura immediata e comune per tutti (Kannenbergh, 2015). Due video che illustrano la sequenza principale della caduta e l’operazione di ricostruzione basata sul modello stampato possono essere visualizzati sui seguenti link: <https://youtu.be/64Vgar1h0gE> e <https://youtu.be/o15PEAse12M>

Per ogni caso di ricomposizione è stato comunque controllato, per una ulteriore conferma, l’allineamento dei fotopiani della torre. Questo controllo è stato fatto per eliminare eventuali dubbi circa i risultati di ricomposizione e per definire una prima base per ulteriori ricostruzioni virtuali. Il livello dei dettagli consentito dalle immagini fotografiche ha permesso di completare l’analisi e le decisioni circa lo stato originale di questa architettura. Questa fase finale della ricostruzione è stata condotta in stretto rapporto con il gruppo degli archeologi che già avevano operato sull’area e con la Direzione del Museo di Camaiole. L’ipotesi ricostruttiva fino a quel punto più convincente ha quindi trovato sostegno e conferma in alcuni punti evidenti: i fori delle buche pontai sono assenti sul lato che si affaccia sull’edificio di guardia, mentre sul lato opposto sono numerosi e ben distribuiti, condizione probabilmente dovuta all’uso della copertura dello stesso edificio come impalcatura; inoltre la scanalatura della mensola superstite, presente nel secondo distacco è orientata verso l’alto, il che conferma il precedente appoggio di una scala. È anche possibile notare una considerevole mancanza di materiale tra la base e la superficie di distacco della parte superiore della torre, cosa che conferma indubbiamente l’esecuzione della mina tagliata lungo il fianco del basamento e causa del collasso con conseguente disfacimento delle murature più prossime allo scavo della mina stessa.

Nella ipotesi adottata la mensola sporgente è orientata verso ovest, secondo una sequenza di crollo che risulta la più congruente con la posizione attualmente presa dai due principali blocchi distaccati. Pertanto, è possibile dire che la caduta si sia verificata con un ribaltamento di 180 gradi della parte superiore. La sommità della torre si sarebbe staccata e rotolata in parte a valle, in parte si sarebbe frammentata al suolo, mentre alcune porzioni più piccole si sarebbero separate più tardi. Analizzando i tre blocchi, è possibile notare la completa mancanza di aperture, il che suggerisce che l’accesso avvenisse esclusivamente da una posizione alta (plausibile per scopi difensivi) e che la torre di fatto non avesse alcun uso abitativo (condizione evidente vista la piccola dimensione del vano centrale). È quindi possibile dire che questa struttura era una torre utilizzata per il controllo dell’area, con una postazione di guardia alla sommità, raggiungibile solo attraverso una scala esterna in legno. Questa si appoggiava alla mensola ancora visibile nel secondo blocco distaccato. L’ipotesi di una torre



↑
**Il modello
 prodotto per
 stampa 3D della
 torre nord usato
 per simulare
 il processo di
 caduta**
 (Martina Carrara,
 Stefano Lami,
 2016)

interna non accessibile concorda con l'idea che sul fondo della torre ci fosse una cisterna, condizione riscontrabile con la soluzione adottata nel vicino castello di Peralla (Santini, 2002), dove è possibile trovare una torre confrontabile con il modello ricostruito di Montecastrese. Pensando alla funzione di controllo e difesa delle torri, e al loro utilizzo come punti di segnalazione con fuochi e specchi, è possibile supporre una passerella in legno sulla cima, da cui fosse possibile raccogliere l'acqua dalla cisterna con un secchio. Alla fine, conoscendo l'altezza della mensola, è possibile supporre che l'altezza originale della torre fosse di circa 12 metri. La seconda torre, all'estremo sud della fortificazione, aveva probabilmente una struttura simile a questa, ma non restando alcun frammento se non il basamento, si tratta di una ipotesi basata su semplice parallelo e non pienamente confermabile.

Per avere una rappresentazione complessiva del cassero medioevale, è stato sviluppato un modello digitale di tutta la collina, ripulito dagli alberi, una descrizione del terreno dove sostituire tutti gli elementi ricostruiti. Questo è stato fatto usando una serie di curve di livello, estratte ogni mezzo metro dalla base del rilievo fotogrammetrico e composto con le basi cartografiche esistenti. Quindi le curve sono state utilizzate per creare la superficie dello stato attuale del terreno, poi integrato con una ulteriore modellazione atta a comporlo con le ipotesi degli insediamenti ricostruiti. Inoltre, dove le curve di livello risultavano più fitte, è stato possibile notare alcune aree con confini regolari, scavati nella

pagina a fronte
**Ricostruzione
 grafica della
 torre nord**
 (Panaiotis
 Kruklidis, 2015)





↑
**Allestimento del
Civico Museo di
Camaione**

roccia della collina. Probabilmente sono tracce di abitazioni, l'eventualità di un uso come cave di materiali non è da escludere, ma il dimensionamento delle tracce individuate risulta ben compatibile con i resti già oggetto di scavo archeologico e chiaramente riconducibili all'abitato. Una mappa delle case del cassero è stata sviluppata a partire da queste tracce e composta con le precedenti documentazioni archeologiche, consentendo di completare la ricostruzione volumetrica della cima della collina.

Il Civico Museo Archeologico di Camaione

I risultati di questa ricerca hanno approfondito lo studio già svolto dal Gruppo Archeologico di Camaione. Una selezione di prodotti sviluppati all'interno di questa ricerca, come i modelli fisici e le ricostruzioni virtuali sono state utilizzate per realizzare una mostra permanente a Camaione presso il "Civico Museo Archeologico" di Palazzo Tori-Massoni, Piazza Francigena. I principali materiali della mostra sono costituiti da una serie di pannelli, alcuni elementi multimediali, un plastico che mostra la ricostruzione generale di Montecastrese ed un secondo che mostra il suo stato attuale. I modelli fisici sono stati realizzati in plexiglas bianco con una macchina a taglio laser presso il Laboratorio

Modelli per l'Architettura (LMA), parte del sistema DiDALabs del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. I plastici sono stati prodotti nell'idea di avere dei modelli accessibili al pubblico (Lupton, 2016), utilizzabili anche come modello tattile quando necessario, abbastanza robusto e massivo, ma capace di comunicare la relazione tra il territorio e le strutture (sia sotto forma di sito archeologico che di ricostruzione ipotetica). Questi elementi hanno trovato il loro posto tra la ricca collezione di oggetti esposti al Museo Civico, progettata dagli architetti Andrea Innocenzo Volpe e Yoichi Sakasegawa. Tutta la serie di materiali su Montecastrese sono stati lì presentati per portare l'attenzione su un sito medievale presente nella realtà e nella storia del territorio di Camaiore dopo secoli di totale abbandono.

Conclusioni

Seguendo da un'indagine digitale completa e accurata, è stato avviato un processo di disseminazione culturale, creando al contempo delle basi corrette per nuovi studi e ricerche e per valorizzare la conoscenza e la comprensione di questa antica cittadella. Fin dall'inizio, questo obiettivo è stato quello della ricerca, nel tentativo di utilizzare tutte le evidenze e le tracce provenienti dai resti di questo luogo lungamente abbandonato. Tutti questi elementi sono stati la base e i riferimenti per sviluppare, cercando di attuare passi ben calibrati, un modello ricostruito in cui il tentativo molto specifico di introdurre la stampa 3D come parte integrante è risultato estremamente utile ed efficace. L'approccio basato sul modello fisico in scala è apparso la scelta giusta per risolvere una situazione complessa in cui sia la strategia di distruzione sia l'aspetto originale dell'architettura erano soggetti di estremo interesse. Infine, come spesso accade quando tutte le mosse vengono condotte correttamente, e i risultati appaiono chiari, tutte le ricche basi sviluppate in forma di riferimenti, ricerche, ricostruzioni, immagini, schizzi, test e così via è apparso immediatamente disponibile per essere trasformato in pannelli, modelli, elementi multimediali e altri prodotti utilizzabili per l'allestimento e la presentazione al pubblico, in grado di dare la giusta importanza a un'opera antica, distrutta dalle vicende storiche e in qualche modo riportata ad una sua particolare consistenza e riconoscibilità nel 2016, dopo quasi otto secoli dal suo annientamento.

Riferimenti per questo capitolo: il presente articolo è stato sviluppato a partire dall'importante contributo di Martina Carrara e Stefano Lami. Il rilievo del sito di Montecastrese, è stato condotto nell'ambito di una convenzione di collaborazione scientifica tra il "Comune di Camaiore" e il "Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze". Il nome del progetto è stato: *Rilievo digitale tramite strumentazione 3D laser scanner, topografica,*

fotogrammetrica e fotografica del complesso dei ruderi delle fortificazioni del sito archeologico medievale di Montecastrese nella frazione di Metato, Camaione. Tutte le operazioni sono state supportate dal sistema DIDALABS del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. Coordinatore Scientifico: Giorgio Verdiani. Unità operativa rilievo digitale: Giorgio Verdiani, Francesco Tioli, Angela Mancuso, Martina Carrara, Stefano Lami; Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze. Unità operativa rilievo fotogrammetrico aereo: Alessandro Blanco; Daniele Nepi; Aion, Roma. Trattamento dati ed elaborazione grafica: Giorgio Verdiani, Angela Mancuso, Martina Carrara, Stefano Lami, Panaiotis Kruklidis; Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze. Esposizione museale e coordinamento: Stefania Campetti, Marzia Bonato, Andrea Innocenzo Volpe. Supporto archeologico: Stefania Campetti, Marzia Bonato; Gabriele Gattiglia. Sviluppo dei modelli fisici, stampa 3D e taglio laser: Francesco Algostino; Eleonora Cecconi; Angela Mancuso; Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze.

Tecnologie, contesti e soluzioni





**Strumenti,
operatori,
soluzioni,**
il panorama
tecnologico
offre spesso
nuovi
possibili
scenari

L'evoluzione delle soluzioni per la ricostruzione digitale hanno portato ampie possibilità di presentazione ed utilizzo della ricostruzione digitale, la hanno resa facilmente utilizzabile per potenziare i metodi di ricerca e indagine, offrendo strumenti di documentazione, digitalizzazione, analisi e verifica estremamente versatili e potenti. Hanno permesso di trasportare in uno spazio digitale tridimensionale un insieme di congetture e teorie, un'operazione per molti condotta nel semplice pensiero di un cambiamento di supporto grafico, ma in realtà profondamente legato a possibilità di indagine e verifica, tanto da potenziare e trasformare radicalmente il modo di pensare l'intervento di rilievo e documentazione e soprattutto quello di restituzione. Proprio questo passaggio, spesso basato su un approccio pensato come orientato alla sola 'scusa' della ricostruzione, ha portato allo sviluppo di nuovi contenuti e di nuova conoscenza in merito a quell'architettura o sito archeologico che si andava ad indagare. La qualità di quanto prodotto alla fine del processo di ricostruzione ha poi portato, sempre in un contesto quasi essenzialmente digitale, a creare contesti virtuali visitabili, o a potenziare sul posto la percezione del luogo attraverso soluzioni di realtà aumentata, ha permesso la realizzazione di copie ed ha infine creato l'occasione di ideare una vasta gamma di soluzioni prima impensabili. Il ritorno divulgativo e didattico di questo insieme di strumenti e contenuti si è riversato sul modo di pensare gli allestimenti, la divulgazione e creazione di spazi (reali o virtuali) in cui accedere ai contenuti sviluppati in una ricerca. Così, nel nostro tempo il modo di presentare l'architettura ricreata da un resto archeologico o da un disegno di studio ha visto una grande evoluzione in termini di contenuti e nel modo di essere intesa e gestita; ad una ampia crescita per varietà e ricchezza portata dalla rivoluzione informatica, si è aggiunta la diffusione pressoché totale dei dispositivi personali e la possibilità di connettersi alla rete dati globale da quasi qualunque luogo. Questa forte evoluzione ha di fatto portato ad una complessa revisione del modo di pensare la mostra, il museo, l'esposizione permanente, ma anche quella temporanea. Si sono concretati effetti significativi a prescindere da qualunque fosse la dimensione e l'articolazione del soggetto studiato, quale che fosse lo spazio in cui esporlo, quale che fosse la tematica. Da tematiche specifiche a quelle di più ampio

respiro, il passaggio da forme statiche, improntate all'osservazione, concentrate su pochi elementi chiave, il più delle volte tali da necessitare una valida conoscenza della tematica, si è passati a forme interattive e più orientate a catturare attenzione o anche a stupire. L'ambito dei contenuti e delle modalità di presentarli si è espanso enormemente, il museo si è fatto macchina espositiva e didattica, affrontando una trasformazione tra le più significative dalla nascita del suo stesso concetto. Si è fatta strada la necessità di duplicare il museo, di duplicare la collezione, di creare una forma accessibile dell'architettura non esistente, creandone un suo doppio digitale, possibilmente fruibile online, direttamente accessibile da qualunque dispositivo informatico. La qualità dell'opera, i suoi elementi di attrazione, il fascino delle arti e del contesto storico a questa connessa sono rimasti ovviamente un aspetto centrale, ma la qualità degli strumenti comunicativi e l'importanza dei contenuti divulgativi sono diventati un elemento quanto mai importante e presente. La possibilità di mostrare al visitatore le caratteristiche intrinseche di un'opera e la potenzialità di raffigurare elementi non visibili hanno portato allo sviluppo di soluzioni di comunicazione specifiche ed efficienti ed hanno messo in evidenza l'importanza della rappresentazione come forma fondamentale della trasmissione di concetti, teorie, ipotesi e quant'altro associabile alla realtà del luogo visitato o al reperto osservato. La rappresentazione, condotta attraverso gli attuali media digitali, diventa quindi un importante strumento della comunicazione: permette la visione di quel che non è presente, dello stesso luogo o sito archeologico a cui l'architettura fa riferimento anche quando questo è lontano, dell'aspetto di una città prima della sua trasformazione, di un monumento, strada, quartiere o singola architettura, prima della sua alterazione o anche distruzione; permette di rappresentare opere e architetture mai realizzate e le loro possibili variabili, frutto dell'ingegno di artisti e architetti, ma non materializzabili nella loro completezza. I casi e le combinazioni possono essere quanto mai numerosi e molteplici, ma la centralità della qualità della rappresentazione resta l'elemento intorno a cui tutto si articola, non necessariamente da un punto di vista 'artistico', ma da quello del giusto equilibrio tra astrazione e concretezza, in base all'entità del livello di immaginazione che si vuole lasciare al 'visitatore' di quell'insieme di virtuale e reale su cui si sta lavorando ed in base al livello di completezza che si ritiene di poter raggiungere. Si tratta però di un processo per cui la stesura di regole e la definizione di procedure sono ancora totalmente in fase di svolgimento e le casistiche delle soluzioni adottate, ovviamente, possono essere quanto mai varie. Il fattore legato all'innovazione, oggi continua e continuamente in evoluzione, chiama in causa tutte le parti coinvolte nella pianificazione del museo o della singola esposizione, pone ampi rischi di rapida obsolescenza e richiede una solida

conoscenza del rapporto tra potenzialità e risultato da parte di chi realizza la soluzione, ma soprattutto da parte di chi la commissiona e la richiede. Condizione, quest'ultima, non sempre presente e potenzialmente causa di incrementi nei costi e di possibili occasioni mancate. Tuttavia si possono individuare alcuni esempi basilari per una minima tassonomia delle situazioni in cui il contributo digitale integra ed amplia la funzione espositiva 'reale' dell'esposizione e del museo.

Oggi il concetto di esposizione ed anche di museo appare spesso come strettamente legato al proprio sistema espositivo, ai propri contenuti. Al pari di questo, nelle occasioni in cui ci si trova a dover allestire specifiche sale o mostre, l'aspetto degli strumenti digitali si fa preponderante. Questo avviene sia perché questo è il nostro tempo, sia perché lo strumento di fruizione e di esposizione digitale compie l'apparente magia di alterare, dilatandoli, lo spazio e il tempo. Uno schermo può presentare migliaia di immagini nello stesso spazio, un oggetto interattivo può accrescere l'attenzione verso un reperto ed estendere il tempo dedicatogli dal visitatore, una ricostruzione virtuale può riportare con chiarezza gli occhi nel passato. In tutti i casi di esposizioni permanenti, una progettazione di nuove integrazioni digitali non dovrebbe mai essere troppo esclusiva o determinante. Qualunque soluzione tecnologica scelta, per quanto ben promettente, vedrà sicuramente una evoluzione, una trasformazione e nuove alternative nell'arco di pochi anni; una esposizione troppo rigidamente ancorata a spazi dimensionati su specifiche procedure di fruizione potrebbe risultare presto superata o anche inadeguata. La soluzione di adottare procedure di accesso alla parte informatica basate sull'impiego dei dispositivi personali di ogni visitatore risulta di certo interessante; spesso la si è vista proposta nei tempi recenti per lo sviluppo di soluzioni espositive, in modo da far fronte al rischio di obsolescenza delle dotazioni informatiche messe a disposizione del pubblico da parte di chi organizza l'esposizione e con un sensibile effetto nel cercare di contenere i costi di predisposizione dell'allestimento. Utilizzando il proprio tablet o smartphone, l'utente ha una possibilità aggiuntiva di guida e apprendimento, ricevendo dati direttamente su uno strumento già in suo possesso. Si tratta di una soluzione molto pratica, ben capace di sfruttare i dispositivi personali, di renderli ancora più utili ed apprezzati al loro utilizzatore, ma al tempo stesso, l'affidarsi in forma eccessiva a soluzioni di questo tipo può rivelarsi a medio e lungo termine una scelta non brillante, a meno di non pianificare il necessario aggiornamento di contenuti e procedure in base alla situazione delle strumentazioni effettivamente in uso tra gli utenti. Questo di fatto comporta una previsione di attività — e di investimento — estesa nel tempo e capace di adeguare progressivamente le opzioni presenti nell'esposizione allo sviluppo tecnologico. La condizione ideale sarebbe quella di avere sempre delle soluzioni rappresentanti un elevato sviluppo tecnologico rispetto a quello comunemente

a disposizione degli utenti, in maniera da valorizzare al massimo, con opportuna competenza, i contenuti presentati, promuovendo al tempo stesso le prerogative e le opportunità offerte dalle tecnologie stesse. Un meccanismo di questo tipo, come vettore della diffusione e della promozione di determinate tecnologie potrebbe risultare appetibile e preferibile, non solo all'utenza dell'esposizione, ma anche ai produttori delle soluzioni in uso, che le vedrebbero costantemente promosse e messe in essere in contesti di pregevole valore culturale. Ma una soluzione di questo tipo può risultare solo più ideale che realizzabile: costi, procedimenti complessi, comprensione e preparazione circa l'ambito tecnologico non sempre ineccepibile da parte della committenza e regole pratiche e di mercato portano di fatto a preferire soluzioni consolidate e di sicuro positivo riscontro tra gli utenti. La necessità di predisporre qualcosa di 'controllabile' è sempre prevalente sull'intenzione di realizzare qualcosa di innovativo, ma visto talvolta come potenzialmente rischioso: la diffusione della cultura, nel nostro tempo, spesso non ama il rischio. Al tempo stesso, chi organizza un allestimento basato su dispositivi personali deve sempre tenere presente il potenziale effetto 'discriminante' causato dai requisiti del sistema: se questi sono tutti spinti verso i modelli più recenti, una parte del pubblico non potrà partecipare, con il rischio di produrre potenziale delusione ed inefficacia di esperienza, specie in gruppi di medie dimensioni, come comitive e ancor peggio scolaresche. Ancora una volta, volendo indicare una condizione 'ideale', questa potrebbe essere quella di offrire una combinazione tra quanto richiesto come disponibile dall'utente e quanto offerto presso l'esposizione stessa. Un numero proporzionato di tablet e/o smartphone a disposizione degli utenti in base all'afflusso previsto e all'avanzamento tecnologico richiesto.

In parallelo a questo, se ogni esposizione o museo oggi si integra ed arricchisce grazie all'apporto digitale, è al tempo stesso vero che per molti di questi spazi riccamente complessi si rende possibile la creazione di versioni digitali quanto mai versatili e pregevoli. In questo senso i casi possono essere ricondotti a due casistiche principali: le esposizioni e i musei che basano il proprio duplicato digitale online su un modello fedelmente simile alla forma fisica dell'architettura reale o dell'esposizione e quelli che preferiscono realizzare un duplicato diverso, svincolato dall'aspetto concreto dei luoghi, una soluzione 'alternativa' che può essere quanto mai varia e per poi concentrare il massimo livello di realismo sulla riproduzione delle collezioni in essa contenute. Alcune soluzioni risultano oggi particolarmente interessanti, sia per chi progetta queste versioni digitali delle esposizioni, sia per chi, ovviamente, è interessato all'insieme di conoscenze in esso preservato. Il recente sviluppo e diffusione della piattaforma Sketchfab (www.sketchfab.com).

com) e la sua apertura ai musei con offerte di condivisione del dato sicure e prive di alcun costo, ha generosamente rilanciato e portato ad uno sviluppo della presenza di modelli consultabili da visitatori remoti. Un esempio su tutti, quello del British Museum, che su Sketchfab ha avviato recentemente una estesa migrazione di pezzi digitali dalle proprie collezioni. Gradito complice di questo processo è stato sicuramente l'evolversi del rilievo digitale, specie nell'ambito della fotogrammetria, che ha portato strumenti celeri, comuni ed efficacissimi a disposizione di operatori di diverse aree disciplinari. Di conseguenza, esposizioni, collezioni e interi musei, hanno accelerato la propria digitalizzazione.

Nella presentazione di architetture derivate da ricostruzione digitale, le scelte si fanno indubbiamente molteplici, ma devono sempre calibrare la scelta in base al livello di definizione e chiarezza che sarà possibile raggiungere per il tema affrontato. Una rappresentazione statica, su un grande pannello, basata su una immagine di rendering, piuttosto che una animazione visibile secondo un percorso predefinito, oppure che una ricostruzione virtuale immersiva, potranno diversi livelli di completezza e di dettaglio a cui chi opera la ricostruzione sarà chiamato a dar soluzione. Il ragionamento appena condotto, molto essenziale e stretto attorno a tre semplici ambiti di presentazione, mette in evidenza una caratteristica fondamentale dell'allestimento e della presentazione basata sulla ricostruzione virtuale, ovvero di come si facciano qui preponderanti non tanto le soluzioni tecniche fini a sé stesse, ma il rapporto tra contenuto e studio della presentazione, un contesto in cui la soluzione tecnica deve supportare e non eccessivamente limitare il prodotto presentato. In altre parole, la soluzione tecnica dovrebbe essere determinante, ma non determinare il risultato. La necessità di presentare, su tutto, qualità di contenuti dovrebbe essere un fattore prioritario. La preparazione di chi opera la ricostruzione virtuale diventa quindi fondamentale, sia dal punto di vista degli aspetti tecnici e culturali necessari per definire l'aspetto del luogo perduto, che della comprensione delle soluzioni tecnologiche disponibili per visualizzare il risultato, con competenze di regia e di direzione multimediale attente a comprendere l'atto didattico al pari della volontà e del piacere di creare sorpresa nell'osservatore. Questo richiede un tipo di formazione di sua natura multidisciplinare, che deve coordinare aspetti tra loro molto diversi, raramente e non necessariamente reperibili in una figura unica, ma possibili ed auspicabili nel coordinamento dei progetti di questo tipo. Il risultato di questo processo sarà comunque diretto verso gli utenti, porterà fuori gli esiti del singolo operatore o del gruppo di ricerca verso un pubblico più o meno ampio, porrà il risultato in una prospettiva estroversa volta verso l'osservatore e intesa a trasmettere un sunto di quanto compreso e che ha raggiunto sufficiente completezza per essere definito e presentato. Una condizione che però sarebbe erroneo considerare sempre come fissa e stabile. Il modello prodotto, anche se rappresentato

secondo una sola delle modalità appena elencate, incontra nella stessa fase di realizzazione virtuale un importante banco di prova, mette in essere il confronto con la reale 'realizzazione' del modello ipotizzato e, ponendolo in un contesto di pubblica esposizione, ne può ricevere spunti interessanti e capaci di introdurre ulteriori alternative e variabili. La loro eventuale reintroduzione nella complessa alchimia della ricostruzione può dare adito a nuovi sviluppi, nuove integrazioni, un dato che spesso non è facile raccogliere, ma che, come feedback, può rappresentare un interessante campo di integrazione nel futuro delle ricostruzioni virtuali.

La ricostruzione virtuale di un luogo richiede un contesto appropriato; questo viene il più delle volte ben definito dal progettista dell'installazione, ma deve sempre essere coerente e favorire la comprensione della proposta. Le condizioni cambiano, anche radicalmente, in base agli strumenti utilizzati: l'impiego di una immagine statica, di un video, di uno spazio immersivo o di un elemento interattivo richiedono spazi e momenti di percezione diversi. Un modello fisico, rappresentazione della ricostruzione, avrà un proprio ingombro e le persone che si fermeranno ad osservarlo prenderanno uno spazio e ulteriore spazio dovrà essere riservato per il passaggio dei visitatori non interessati a questa sosta. Un grande pannello illustrato sarà osservato al meglio da una specifica distanza, ma al tempo stesso la progettazione di quello spazio dovrà contenere e mitigare la presenza degli altri visitatori, che non devono poter diventare elemento di intralcio alla visita degli altri. Similmente accadrà per un monitor che presenti un video, e qui con ancora maggior importanza, visto il potenziale rischio di perdere un passaggio a cui si potrebbe essere interessati. La presenza di soluzioni animate da suoni e musica dovrà sempre essere posizionata e calibrata rispetto all'assetto generale dell'esposizione, evitare di confondere, distrarre ed interferire con altri settori di quanto esposto. Suoni e musica possono attirare un visitatore verso una stanza, ma se i suoni risultassero troppo permanenti per tutto lo spazio della visita, questo potrebbe facilmente risultare non gradito. Se evitare di incorrere in una eccessiva spettacolarità cercata con elementi accessori può produrre prodotti più ragionati, al tempo stesso il tentativo di attribuire un'eccessiva 'scientificità' al processo di ricostruzione virtuale può produrre effetti ugualmente limitanti. La quantità di variabili, il livello di approssimazione e la complessità delle scelte da fare durante una ricostruzione sono molto spesso di tale entità e articolazione che parlare di processi ripetibili e verificabili può risultare azzardato; può essere inteso come un processo da svilupparsi secondo regole chiare, ma il livello di personalizzazione per ogni caso specifico rende quanto mai importante un fattore assolutamente empirico, ovvero la capacità di comprensione e l'intuizione personale. La presentazione del risultato della

ricostruzione digitale deve avere una completezza di tutti questi elementi: deve raccontare il risultato, deve presentare il modo con cui questo è stato conseguito, deve rivelare con chiarezza debolezze e punti di forza, valorizzando le scelte di intuito come quelle basate sul contributo di altri. Un prodotto di questo genere, se ben realizzato, non solo avrà possibilità di attirare osservatori diversi per formazione e interessi, ma costituirà anche un risultato valido per favorire il proseguo degli studi da parti di altri ricercatori.

Altra condizione, non legata alle soluzioni di allestimento, ma a quelle di costruzione di una interfaccia, risulterà un fattore ugualmente importante. L'abitudine sempre maggiore all'uso di sistemi digitali interattivi da parte degli utenti non esclude a priori la possibilità di sviluppare soluzioni innovative o molto specifiche, ma richiede necessariamente una riconoscibilità degli strumenti offerti, richiede delle regole riconoscibili che non causino difficoltà d'uso e rapido disinteressamento. Nell'ambito delle ricostruzioni tridimensionali e delle loro interfacce è possibile riconoscere con una certa essenzialità due categorie principali, ovvero quella degli elementi che verranno trattati come 'piccoli' ovvero gestibili con la simulazione di una manipolazione e quelli 'grandi' ovvero quegli spazi che potranno essere fruiti solo simulandone un percorso, una visita al loro interno. Queste due condizioni non sono però da intendersi come legate alla misura del reale di questi oggetti: delle architetture possono eventualmente essere trattate come 'piccoli oggetti'.

Per gli oggetti di piccole e medie dimensioni, in generale per gli oggetti 'maneggiabili' (come vasellame, strumenti d'uso, accessori, armi, etc.) o anche solo 'ispezionabili' in virtù della condizione virtuale e libera da problematiche fisiche del modello digitale (come veicoli, statue, gruppi statuari, piccole architetture, elementi costruttivi, etc.); per questa categoria di elementi la procedura di consultazione del modello si rifarà inevitabilmente alle operazioni classiche dell'interazione, ovvero movimento lineare, rotazione, variazione del punto di vista (Habakuk Israel, 2016), eventualmente integrate da soluzioni aggiuntive, come, giusto per fare qualche esempio essenziale, la variazione dell'illuminazione, la variazione della texture applicata, la consultazione di schede descrittive delle caratteristiche specifiche di parti dell'oggetto, etc. (Guidi et al., 2015).

Per oggetti di scala architettonica, l'interattività potrà essere basata, oltre che sulle precedenti operazioni, anche su processi tali da permettere un credibile accesso e visita allo spazio architettonico, con le conseguenti necessità di definire le regole di interazione tra elementi architettonici e visitatore. Si sceglierà di conseguenza il grado di libertà che si vuole dare al visitatore nello spazio virtuale, ovvero se gli si vuole offrire una esperienza che simuli il reale (prevalentemente: movimento vincolato al suolo con punto di vista a statura umana, impossibilità di passare attraverso gli oggetti) oppure se si vuole rendere surreale la visita (possibilità

di volo, di caduta da punti alti, di passaggio attraverso gli ostacoli). Gli elementi di interazione potranno essere quanto mai vari. Trattandosi di una visita in prima persona, la possibilità di interazione con elementi capaci di interagire come oggetti mobili, interrogabili, attori virtuali, eventi soggetti a variazione a seconda del comportamento del visitatore saranno limitati per complessità e articolazione solo dalle scelte e dalla volontà della programmazione. L'apertura di modelli di questo tipo verso un sistema di 'serious games' (adottando un termine ben diffuso nel contesto della computer grafica interattiva per i beni culturali) è quanto mai immediato e ancora una volta dipende prevalentemente dalla volontà e dalle possibilità di chi coordina il progetto di presentazione multimediale (Hale, Stanney, 2014).

Conclusioni

8 2A7A.2 8





**Statua
allegorica di
Architettura,
Giambologna,
Museo
Nazionale
del Bargello,
Firenze, 2014**

La nostra epoca è caratterizzata dalla rivoluzione digitale e questa coinvolge e trasforma procedure, metodi e forme di comunicazione e di comprensione, quanto sia cambiato il modo di rappresentare ciò che non c'è lo possiamo constatare, semplicemente osservando quanto sono cambiati i film e come si sono sviluppati in meno di trent'anni i videogiochi e le applicazioni multimediali. Ci troviamo a muoverci in un contesto ampliato, di grande complessità, dove la preponderanza tecnologica impone regole non sempre facili da cogliere da parte di tutti gli operatori di un gruppo di ricerca sulle tematiche del Patrimonio Costruito, del sito archeologico, dei Beni Culturali, e questo può accadere anche quando questo gruppo è di natura multidisciplinare. Si tratta però di una sfida pregevole, per la quale, spesso, i confini e le reali possibilità di utilizzo possono risultare ancora qualcosa da scoprire. Per quanto apparentemente ovvio, questo ampio e ricco contesto mette su tutto in evidenza una necessità fondamentale e che a volte sembra ancora a rischio di trascuratezza, ovvero quella della coerenza e del contenuto, della realizzazione di progetti ragionati e corretti che permettano l'efficace adozione e un vero e proficuo beneficio nell'adozione del progetto di presentazione multimediale per i soggetti studiati, uno scenario in cui la ricostruzione digitale ha, come è inevitabile, un ruolo importante e strategico.

La "Retroprogettazione" chiede al ricostruente -termine volendo contorto per chi esegue una ricostruzione- una chiara comprensione del linguaggio architettonico, delle questioni tecniche, ma soprattutto della maniera degli architetti di pensare al progetto. È necessaria un'astrazione significativa per raggiungere e catturare i pensieri e la filosofia di un'età lontana. Ma un approccio creativo e una certa presenza di fortunate intuizioni possono aiutare.

Il viaggio per riscoprire può richiedere un gruppo ben organizzato di competenze, ma ha bisogno anche della capacità di mettere a zero tutte le influenze e ripensare da zero il motivo del progetto, ritrovare i problemi e le idee che hanno spostato le scelte di pianificazione.

Un lavoro molto complesso in cui l'uso di strumenti digitali contemporanei è essenziale, ma dove una architettura che non è più presente, ma che può diventare un pensiero elastico ed intelligente nel proprio ragionamento può divenire occasione di una qualche conquista

significativa. Hozymandias, simbolo del perdersi nel tempo della volontà umana di lasciare un segno ed essere presenti nel proprio tempo, può essere osservato non solo per il suo valore comunicativo di rudere e segnale dell'umana caducità, ma occasione di ragionamento, di ricostruzione, di continua sfida a creare un raccordo tra i frantumi del passato e una sottile trama digitale che crea una sfida intellettuale sempre interessante, di comprensione, di competenza, di intuito. di logica.

- Acidini Luchinat C. (a cura di) 1996, *La chiesa e il Convento di Santo Spirito a Firenze*, Giunti editore, Firenze.
- Amico N., Ronzino P., Felicetti A., Niccolucci F. 2013, *Quality management of 3D cultural heritage replicas with CIDOC-CRM*, in *CRMEX 2013 Practical Experiences with CIDOC CRM and its Extensions. Proceedings of the Workshop*, Malta.
- Antonelli R. 1995, *Bianco Bianchi cronista del '500*, Matteoni Stampatore, Lucca.
- Apollonio F.I. 2016, *Classification schemes and model validation of 3D digital reconstruction process*, in W. Börner, S. Uhlirz (editors), *Proceedings of the 20th Cultural Heritage and New Technologies*, Museen der Stadt Wien — Stadtarchäologie, Vienna.
- Armandi M. 2003, *L'Oratorio di Santo Stefano. La Cripta. Graffiti e cromie su roccia del colle di Pionta*, Arezzo.
- Ascani V. 1997, *Il trecento disegnato. Le basi progettuali dell'architettura gotica in Italia*, Collana Studi di arte medievale, n. 5, Viella, Roma.
- Barcucci E. 1988, *Il tempio di San Biagio a Montepulciano*, Editori del Grifo, Perugia.
- Bartoli M.T. 2007, "Musso e non quadro" *La strana figura di Palazzo Vecchio dal suo rilievo*, Edifir, Firenze.
- Belli G., D'Andrea S. 2015, *From Porta alla Croce to Piazza Beccaria the Evolution of Florence from City to Capital*, in P. Rodriguez-Navarro, G. Verdiani, P. Cornell (editors), *Architecture, Archaeology and Contemporary City Planning "State of knowledge in the digital age"*, Valencia, Spain, Lulu Press, USA, pp. 109-121.
- Benevolo L. 1968, *Storia dell'architettura del Rinascimento*, Laterza, Bari.
- Benevolo L. 1993, *Storia della città: la città medievale*, Laterza, Bari.
- Berti L., Gurrieri F., Leonardi C. 1988, *La Basilica di San Miniato al Monte a Firenze*, Edizioni Giunti Barbera, Firenze.
- Bini M., Bertocci S. 2012, *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, CittàStudi, Torino.
- Bitelli G., Girelli V., Remondino F., Vittuari L. 2007, *The potential of 3D techniques for Cultural Heritage object documentation*, in J.A. Beraldin, F. Remondino, M.R. Shortis (editors), *Videometrics IX, Proceedings of electronic imaging science and technology*, SPIE, proceedings vol. 6491, USA.

- Bucci M. 1965, *La Basilica di Santa Croce*, Sadea/Sanson, Firenze.
- Burns C., Sauers M.P. 2014, *Google Search Secrets*, American Library Association, USA.
- Carlotti M., Cattolico M. 2001, *L'uomo che lavora, il ciclo delle formelle del Campanile di Giotto*, Società editrice fiorentina, Firenze.
- Cassi Ramelli A. 1996, *Dalle caverne ai rifugi blindati. Trenta secoli di architettura militare*, Edizioni Adda, Bari.
- Cavallucci C.I. 1873, *Nuova Guida di Firenze e contorni coi cataloghi delle gallerie ed una pianta della città*, Loescher, Firenze.
- Clausse G. 1902, *Les San Gallo, Tome troisieme*, Ernest Leroux Éditeur, Paris.
- Cozzi M. 1992, *Antonio da Sangallo il Vecchio e l'architettura del cinquecento in Valdichiana*, SAGEP editrice, Genova.
- Cuneo P. 1988, *Storia dell'urbanistica: il mondo islamico*, Laterza, Bari.
- Delumeau J.P. 1987, *Arezzo dal IX ai primi del XII secolo: sviluppo urbano e sociale agli inizi del comune aretino*, in *Atti e Memorie dell'Accademia Petrarca di Lettere, Arti e Scienze*, Arezzo.
- Deti E. 1997, *Firenze scomparsa*, Vallecchi editore, Firenze.
- Docci M., Maestri D. 2009, *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Laterza, Bari.
- Donati P.P. 1965, *Scavi Archeologici sul colle del Pionta*, in «Arezzo, Antichità Viva», n. 1, Edam Editrice, Firenze.
- Evans B. 2012, *Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing*, Apress Books and eBooks, New York, USA.
- Evans R. 1997, *Translations from Drawing to Building and Other Essays*, MIT Press, Cambridge.
- Fatucchi A. 1968-1969, *I primi mille anni della vicenda urbanistica di Arezzo*, in *Atti e Memorie dell'Accademia Petrarca di Lettere, Arti e Scienze*, XXXIX.
- Fatucchi A. 1997-1998, *Sulle tracce della prima cattedrale di Arezzo*, in *Atti e Memorie dell'Accademia Petrarca di Lettere, Arti e Scienze*, LIX-LX.
- Gabellone F. 2016, *What communication for museums? Experiences and reflections within the project for the virtualization of the Museo Egizio in Turin*, in W. Börner, S. Uhlirz (editors), *Proceedings of the 20th Cultural Heritage and New Technologies*, Museen der Stadt Wien — Stadtarchäologie, Vienna.
- Galli E. 1915, *Arezzo — Scoperte archeologiche nel terreno del manicomio in località "Duomo Vecchio"*, in «Notizie Scavi», XII.
- Gallina B., Giorgi L., Gromeneda L., Silvuni S., Tanini V. 1973, *Emilio Marcucci "Dilettante in Architettura"*, in «Antichità Viva», anno XII, n. 1, Edizioni Edam, Firenze.
- Gattiglia G. Anichini F. 2009, *La Versilia nel Medioevo. Ricerche archeologiche in un'area buia della Toscana settentrionale*, Atti del V Congresso Nazionale di Archeologia Medievale Foggia-Manfredonia 30/09-03/10/2009, Firenze.

- Gattiglia G., Tarantino G. 2013, ...*loco ubi dicitur castello*. Montecastrese e l'incastellamento in Versilia, in *Archeologia Medievale* XL, *Fortificazioni di terra in Italia. Motte, tumuli, tumbe, recinti*. Atti del Convegno, All'Insegna del Giglio, Sesto Fiorentino.
- Giannotta M.T., Gabellone F., Dell'aglio A. 2015, *Marta tells, hidden treasures's virtual stories*, in W. Börner, S. Uhlirz (editors), *Proceedings of the 20th Cultural Heritage and New Technologies*, Museen der Stadt Wien — Stadtarchäologie, Vienna.
- Gregori M., Blasio S. 1994, *Firenze, nella pittura e nel disegno dal Trecento al Settecento*, Silvana, Milano.
- Gruppo Archeologico Camaiore 2005, *La Versilia nel Medioevo: dalle pievi ai castelli alle Terre nuove*, Tipografia Massarosa Offset, Massarosa.
- Grün A., Remondino F., Zhang L. 2004, *Photogrammetric Reconstruction of the Great Buddha of Bamiyan, Afghanistan*, in «The Photogrammetric Record» n. 19(107), Blackwell Publishing Ltd. UK, pp. 177-199.
- Guasti C. 1887, *La costruzione della chiesa e del campanile*, tipografia M. Ricci, Firenze.
- Guidi G., Russo M., Beraldin J.A. 2010, *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*, McGraw-Hill Education, Milano.
- Guidi G. et al. 2015, *3D visualization of cultural heritage artefacts with virtual reality devices*, in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-5/W7, 2015 25th International CIPA Symposium, Taipei, Taiwan.
- Guidi G., Rodríguez-Navarro P., Russo M. 2013, *3D Digitizing a whole museum: a metadata centered workflow*, in *Proceedings of the 2013 Digital Heritage International Congress*, Marseille, IEEE, vol. 2, pp. 307-310, IEEE Catalog Number: CFP1308W-USB.
- Gurrieri F. 1994, *La Cattedrale di Santa Maria del Fiore a Firenze*, tomo I, Firenze.
- Habakuk Israel J. 2016, *Mixed Reality as Design Space*, in C. Busch and J. Sieck (editors), *Kultur und Informatik, Augmented Reality*, Verlag Wemer Hülsbusch, Berlin.
- Hale K.S., Stanney K.M. 2014, *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications*, Second Edition, CRC Press.
- Kannenber J. 2015, *Cultural Heritage in the Age of 3-D Printing: Rise of the Intangible?*, in *Arts in Society conference*, Imperial College, London, UK.
- Kula W. 1987, *Le misure e gli uomini dall'antichità a oggi*, traduzione di Anna Salmon Vivanti, collana Storia e società, Laterza, Bari.
- Juniper A. 2015, *The Complete Guide to Drones*, Ilex, USA.
- Ladner G.B. 2008, *Il simbolismo paleocristiano, Dio, Cosmo, Uomo*, Jaka Book.
- Landucci I. 1883, *Diario Fiorentino dal 1450 al 1516 — Continuato da un anonimo fino al 1542*, Firenze.
- Le Goff J. 2011, *L'immaginario medievale*, Editore Laterza, Bari.

- Lipson H., Kurman M. 2013, *Fabricated: The New World of 3D Printing*, John Wiley & Sons, USA.
- London Charter 2009, from: www.londoncharter.org [Accesso del 10 luglio 2017].
- Lupton D. 2016, *3D Printing Technologies: Social Perspectives*, working paper in Researchgate.com and Academia.edu
- Malpica Cuello A. 1992, *Las murallas de Granada, Nuevos Paseos por Granada y sus contornos*, Caja General de Ahorros de Granada, Granada.
- Mandelli E. 1983, *Lettura di un disegno: la pergamena di Siena*, in Studi e Documenti di Architettura, n. 11, Alinea, Firenze.
- Manetti R. 1999, *Le Porte Celesti, Segreti dell'Architettura sacra*, Aletheia, Firenze.
- Mapelli M.M., Lo Jacono R. 2008, *Pratiche collaborative in rete. Nuovi modelli di ricerca universitaria*, Mimesis Edizioni, Milano.
- Mattioli M. 1986, *Le facciate di Santa Croce. Storia di un cantiere*, in P. Ruschi (editor), *Santa Croce nell'800*, Edizioni Alinari, Firenze.
- A. Melucco Vaccaro 1991, *Arezzo. Il colle del Pionta, il contributo archeologico alla storia del primitivo gruppo cattedrale*, Rotary Club, Arezzo.
- Melucco Vaccaro A. 1985, *Gli scavi di Pionta: La problematica archeologica e storico-topografica*, in *Arezzo e il suo territorio nell'altomedioevo*, Atti del Convegno promosso dall'Accademia Petrarca di Lettere, Arti e Scienze, Arezzo, 22-23 ottobre 1983, Calosci-Cortona.
- Moisé F. 1845, *Santa Croce di Firenze — Illustrazione storico-artistica Con note e copiosi documenti inediti*, Molini, Piatti, Visseux, Ricordi e Jouhad, Firenze.
- Mongeon B. 2015, *3D Technology in Fine Art and Craft: Exploring 3D Printing, Scanning, Sculpting and Milling*, CRC Press, Taylor & Francis Group, USA.
- Monti C., Selvini A. 2015, *Topografia, fotogrammetria e rappresentazione all'inizio del ventunesimo secolo*, Maggioli Editore, Rimini.
- Nardi I. 1842, *Istorie della città di Firenze — ridotte alla lezione de' codici originali*, a cura di Lelio Arbib, Nardi e Del Varchi, Firenze.
- Nardini Despotti Mospignotti A. 1885, *Il campanile di Santa Maria del Fiore*, Firenze.
- Navarro Palazon J., Jimenez Castillo P. 2010, *Arqueologia del bano Andalusi: nota para su comprehension y estudio*, Granada.
- Navarro Palazon J., Jimenez Castillo P. 2011, *The islamic Bath in al-Andalus, a survey of its morphological and urban aspects*, Actas del homenaje al profesor Mhammad M. Benaboud, tomo II, Tetuan.
- Navarro Palazon J., Jimenez Castillo P. 2012, *El Banuelo de Granada en su contexto arquitectónico y urbanístico*, rivista numero 45 el legado andalsì, Granada.
- Panero F., Pinto G. 2009, *Castelli e fortezze nelle città e nei centri minori italiani (secoli XIII-XV)*, in *Atti del convegno svoltosi a Cherasco sede del CISIM, 2008*, Cherasco.

- Pasqui U. 1899, «Documenti per la storia della città di Arezzo nel medioevo», I, Firenze.
- Paturzo F. 2007, *La fortezza di Arezzo e il colle di S. Donato dalle origini ad oggi*, Letizia Editore.
- Pizzi A. (a cura di) 1995, *L'architettura religiosa in Toscana, Il Medioevo*, Banca Toscana, Firenze.
- Reumont d'Aquisgrana A. 1841, *Tavole cronologiche e sincrone della storia fiorentina*, Gio. Pietro Visseux Editore, Firenze.
- Richa, della Compagnia di Gesù 1754, *Notizie Istoriche delle Chiese Fiorentine Divise ne' fuoi Quartieri Parte prima del Quartiere di Santa Croce*, tomo I, Stamperia di Pietro Gaetano Viviani, Firenze.
- Ruschi P. 1986, *I campanili di Santa Croce*, in P. Ruschi (editor), *Santa Croce nell'800*, Edizioni Alinari, Firenze.
- Rodríguez-Navarro P. 2012, *Automated Digital Photogrammetry versus the systems based on active 3D sensors*, «Revista EGA», n. 20, a. 17, Valencia.
- Rodríguez-Navarro P., Cabezas-Bernal P.M. 2014, *Aplicaciones de la cámara Gopro para la toma de datos de arquitectura*, in APEGA 2014, XII Congreso Internacional Expresión Gráfica aplicada a la Edificación Graphic Expression applied to Building International Conference, Proceedings, Universidad Europea de Madrid, pp. 104-114.
- Rodríguez-Navarro P., Gil-Piquera T., Verdiani G. 2016, *TOVIVA project: documenting the Spanish defense towers along the Valencian coast with a comprehensive digital methodology*, in *Electronic Imaging & the Visual Arts. EVA 2016*, Firenze University Press, Firenze, pp. 102-107.
- Santini L. 2002, *Montecastrese e gli altri castelli di età feudale del territorio di Camaione*, Tipografia Massarosa Offset, Massarosa.
- Scopigno R., Callieri M., Cignoni P., Corsini M., Dellepiane M., Ponchio F., Ranzuglia G. 2011, *3D Models for Cultural Heritage: Beyond Plain Visualization*, in «Computer», vol. 44, issue 7, July, IEEE Computer Society, USA.
- Seco de Lucena L. 1910, *Plano arabe de Granada*, El Defensor de Granada, Granada.
- Sevilla Principles 2011, da: www.arqueologiavirtual.com [Accesso del 10 luglio 2017].
- Stefanelli V. 1970, *Giorgio Vasari il Giovane: La città ideale. Piante di chiese (palazzi e ville) di Toscana e d'Italia*, Roma.
- Stortoni F.E. (a cura di) 1993, *I castelli feudali del territorio di Camaione*, Industria Grafica Zappa Sarzana, Sarzana.
- Tafi A. 1995, *Pionta. Il vaticano aretino*, Edizioni Calosci, Cortona.
- Tomei A. 1998, *Giotto, l'architettura*, collana Art dossier, Italia.
- Torres Balbás L. 1949, *La supuesta puerta de los Panderos y los puentes de la Granada musulmana*, «Al-Andalus», XV, Granada.
- Torres Balbás L. 1934, *El puente de Cadí y la puerta de los Panderos*, «Al-Andalus», II, Granada.
- Tristano C., Molinari A. 2005, *Arezzo: Il Pionta, fonti e materiali dall'età classica all'età moderna*, Letizia Editore.

Turner Andrew J. 2006, *Introduction to Neogeography*, O'Reilly Media, USA.

Vasari G. 1550, *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori, et scultori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri*, prima edizione Firenze 1550, con il titolo *Le vite dei più eccellenti pittori, scultori e architetti*, Newton & Compton, 2001.

Verdiani G., Pucci M., Gira C. 2016, *A special eyesight to a lost past: Oculus Rift, Google Cardboard and SketchFab to support the digital reconstruction of the St. Donato cathedral in Arezzo, Italy*, in C. Busch and J. Sieck (editors), *Kultur und Informatik, Augmented Reality*, Verlag Wemer Hülsbusch, Berlin.

Verdiani G. 2013, *Il vuoto e la sostanza: breve visione sul paesaggio della Cappadocia*, «Network in Progress», vol. 13, Firenze.

Verdiani G., Braghiroli A. 2012, *The Ancient Fragment Collection at the Museo Archeologico in Florence, Italy, a Digital Proposal to Allow Its Access*, in *Progress in Cultural Heritage Preservation 4th International Conference, EuroMed 2012*, Limassol, Cyprus, Ottobre 29 - Novembre 3 2012, Springer Science+Business Media.

Verdiani G. 2006, *I nuovi strumenti hanno compiuto quarantatre anni*, in P. Puma (editor), *La documentazione dei Beni Architettonici ed Ambientali, strumenti, indagini, esperienze*, Saffè, Firenze.



Finito di stampare per conto di
didapress
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
Luglio 2017

Le opere non realizzate, incompiute, distrutte o trasformate radicalmente, hanno spesso esercitato il fascino del “cosa sarebbe potuto essere”, influenzando architetti, archeologi e studiosi dei Beni Culturali, che variamente si sono esercitati nel cercare di immaginare e visualizzare le caratteristiche di un luogo prima della sua trasformazione o di una parte di città se un’opera non realizzata si fosse concretata. Questo è stato fatto nel pensiero che l’interpretazione accurata sul luogo possa permettere di recuperare ad una conoscenza corretta le sue ragioni e ricostruire un patrimonio di informazioni trasferibili e coerenti, capaci di ricomporre i motivi sia delle realizzazioni che delle mancanze, che delle vicende della sua distruzione o trasformazione. Una operazione che specie nell’ambito dell’Architettura richiede una comprensione del progetto sotteso e un percorso a ritroso verso le idee originali che lo hanno generato. Un processo che qui si vuole riassumere nel termine ‘Retroprogettazione’. Nel nostro tempo questo genere di ricerche ha trovato nell’ambito digitale, specialmente nell’uso di applicazioni 3D, multimediali e basate su media di comunicazione globale, una possibilità di grande rilancio e la possibilità di influenzare in maniera nuova il modo di conoscere e comprendere spazi e architetture. In questo volume viene sviluppata una riflessione sulle tecnologie, le soluzioni e viene proposta una metodologia strutturata per lo sviluppo di queste tematiche. A supporto di questa parte teorica, sono presentati una selezione di casi di studio utili a vedere messe all’opera le soluzioni proposte in maniera direttamente legata a concrete situazioni di ricerca.

Giorgio Verdiani è Ricercatore presso il Dipartimento di Architettura, Firenze dal 2006, settore ICAR17. Ricercatore e docente presso il Dipartimento di Architettura di Firenze, Tesi di Laurea in Architettura, Dottorato in “Rilievo e Rappresentazione dell’Architettura e dell’Ambiente”. Professore di “Disegno Automatico” (2000-2012) e di “Disegno dell’architettura” dal 2009, ha tenuto corsi nella Laurea triennale in “Progettazione della Moda”. È stato docente per numerosi corsi per scuole, Comuni, strutture pubbliche e private. Relatore/correlatore nelle Tesi di Laurea in Architettura dal 1999, ha seguito circa 500 Tesi nel solo periodo 2008-2017. Si occupa di rilievo digitale, (3D laser scanner, Fotogrammetria), si è occupato ampiamente di elaborazione e trattamento del dato 3D e delle immagini di rendering e di derivazione fotografica. Si occupa di multimedia ed ha sviluppato numerose ricerche sull’indagine e la ricostruzione di temi archeologici, architetture storiche o non realizzate. È stato responsabile tecnico e/o scientifico in oltre un centinaio di campagne di rilievo in Italia ed altre nazioni. Dal 2006 ha portato i risultati delle sue ricerche all’attenzione della comunità scientifica in vari congressi internazionali, come CHNT, CAA, VSMM, EUROMED, DIGITAL HERITAGE, EAA, EVA, partecipando anche come membro dei comitati scientifici di CHNT, VSMM, EUROMED e FORTMED. Dal 2011 è Direttore Scientifico del Laboratorio Informatico Architettura (LIA), dal 2013 è Coordinatore del sistema DIDALabs del Dipartimento di Architettura è Direttore Scientifico del Laboratorio Fotografico Architettura (LFA).